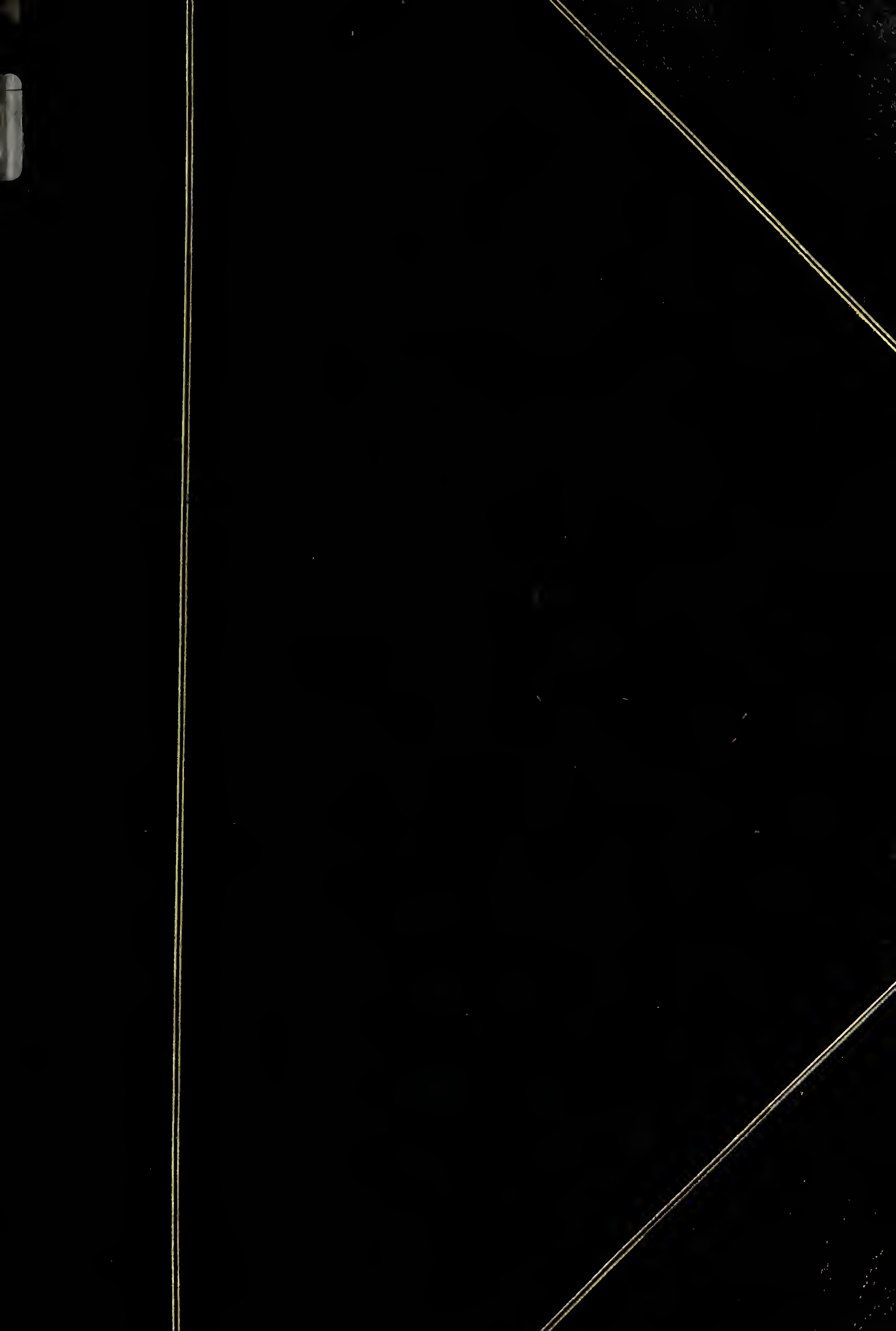
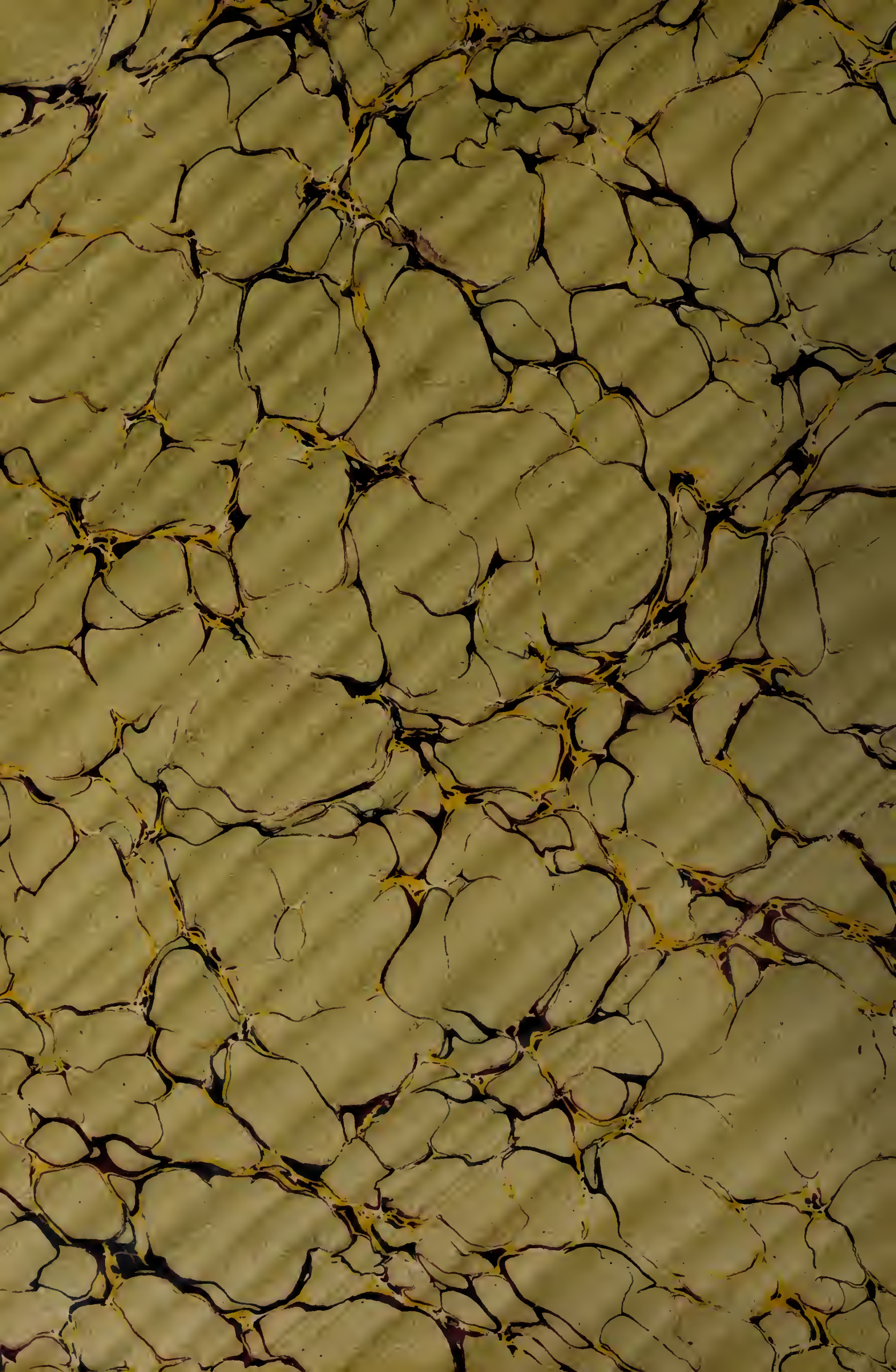






MUSÉE RÉTROSPECTIF

DE LA CLASSE 29

MODÈLES, PLANS ET DESSINS DE TRAVAUX PUBLICS

A L'EXPOSITION UNIVERSELLE INTERNATIONALE
DE 1900, A PARIS

RAPPORT

DU

COMITÉ D'INSTALLATION

MUSÉE RÉTROSPECTIF

DE LA CLASSE 29

Modèles, Plans et Dessins de Travaux publics

MUSÉE RÉTROSPECTIF

DE LA CLASSE 29

Modèles, Plans et Dessins de Travaux publics

A L'EXPOSITION UNIVERSELLE INTERNATIONALE
DE 1900, A PARIS

RAPPORT

DU

COMITÉ D'INSTALLATION

Exposition universelle internationale de 1900

SECTION FRANÇAISE

Commissaire général de l'Exposition :

M. Alfred PICARD

Directeur général adjoint de l'Exploitation, chargé de la Section française :

M. Stéphane DERVILLÉ

Délégué au service général de la Section française :

M. Albert BLONDEL

Délégué au service spécial des Musées centennaux :

M. François CARNOT

Architecte des Musées centennaux :

M. Jacques HERMANT

COMITÉ D'INSTALLATION DE LA CLASSE 29

Bureau.

Président : M. Guillain (Florent), C. ✻, député du Nord, inspecteur général des Ponts et Chaussées, directeur honoraire des routes, de la navigation et des mines au Ministère des travaux publics, ancien ministre des colonies (Comités, Paris, 1889; membre de la Commission supérieure, Paris, 1900).

Vice-Président : M. Reymond (Francisque), O. ✻, ingénieur des Arts et Manufactures, sénateur, ancien président du Conseil général de la Loire, ancien président de la Société des ingénieurs civils, ancien directeur de l'Ecole centrale des arts et manufactures (Comités, jury, Paris, 1889).

Rapporteur : M. de Dartein (Ferdinand), O. ✻, inspecteur général des Ponts et Chaussées, professeur du cours d'architecture à l'Ecole polytechnique, inspecteur de l'Ecole nationale des ponts et chaussées.

Secrétaire-Trésorier : M. Beaurin-Gressier (Louis), ✻, chef de division de la navigation au Ministère des travaux publics.

Membres.

MM. Agnellet (Edouard), ingénieur en chef des Ponts et Chaussées, ingénieur en chef des études, du matériel des voies et des bâtiments à la Compagnie du chemin de fer du Nord (Comités, Paris, 1889).

Alby (Amédée) ✻, ingénieur des Ponts et Chaussées, chargé du service de la navigation de la Seine.

Captier (Gustave), secrétaire général de la Chambre syndicale de la marine.

Champion de Nansouty (Max), O. ✻, ingénieur des Arts et Manufactures, directeur de la « Vie Scientifique ».

Delocre (Emile), C. ✻, inspecteur général des Ponts et Chaussées, ancien vice-président du Conseil général des ponts et chaussées.

Fouquet (Ernest), ✻, administrateur de la Société de construction des Batignolles (Grand Prix, Paris 1900).

Hersent (Jean), ingénieur des Arts et Manufactures [Maison H. Hersent et fils] (Grands Prix, Paris 1878, 1889).

Lantrac (Eugène), O. ✻, ingénieur de la Compagnie Fives-Lille, président de la Chambre syndicale des entrepreneurs de constructions métalliques de France.

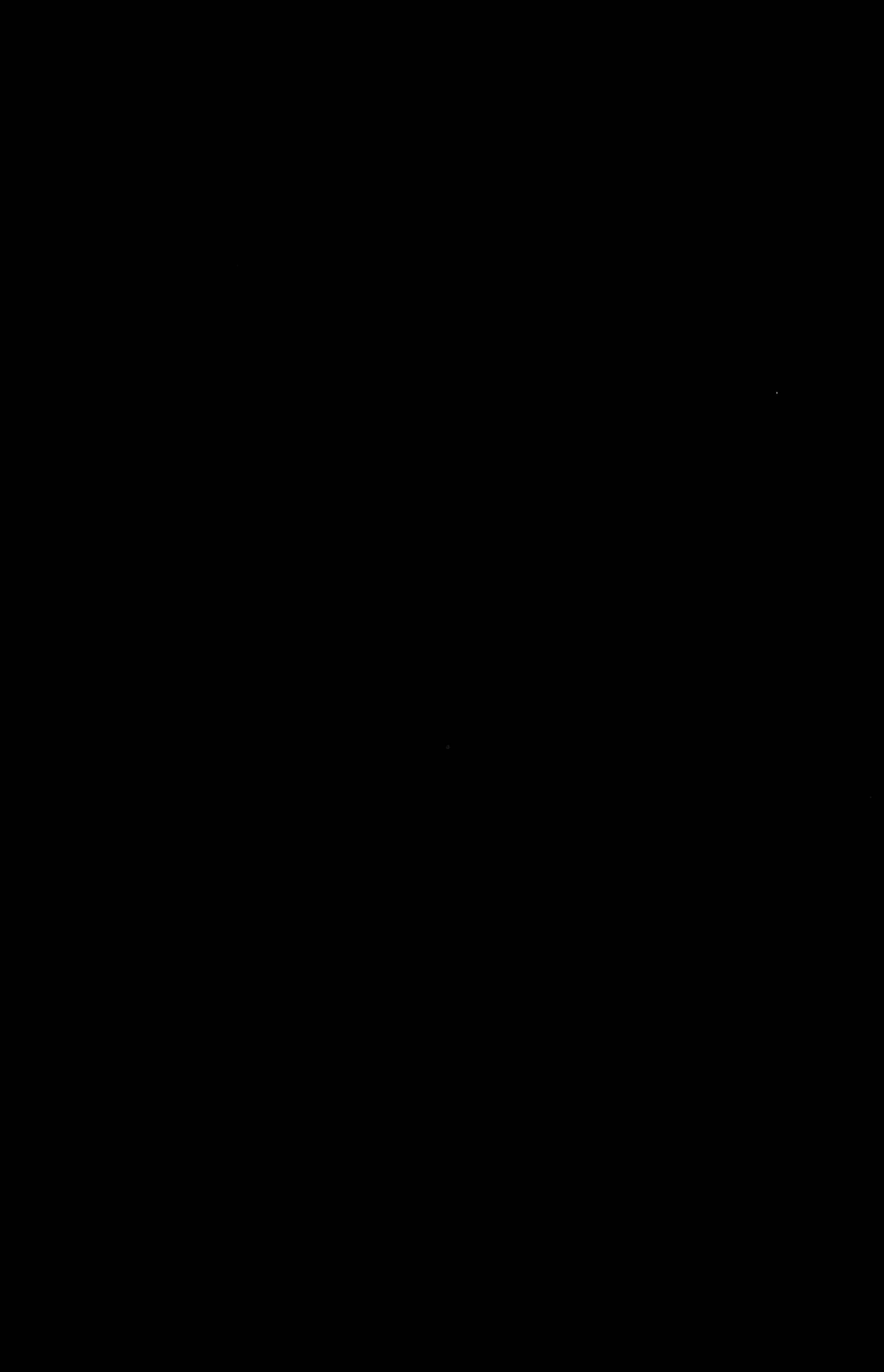
MM. Moisant (Armand), C. ✲, ingénieur des Arts et Manufactures, travaux métalliques (Comités, jury, Paris 1889), vice-président de la Chambre de commerce de Paris.

Molinos (Léon), ✲, ingénieur des Arts et Manufactures, administrateur de la Société des Aciéries de la marine, ancien président de la Société des ingénieurs civils de France.

Petsche (Achille), O, ✲, ingénieur en chef des Ponts et Chaussées en retraite, administrateur de la Compagnie des chemins de fer de l'Est.

COMMISSION DU MUSÉE RÉTROSPECTIF

MM. Delocre (Emile), *rapporteur*.
Champion de Nansouty.
Molinos.





CANAL D'AIX A MARSEILLE
Projet d'aqueduc à sa traversée de la rivière de Vitre.
(Collection de François Carnot.)

Acqueduc pour soutenir le niveau des eaux de la Durance à travers la petite Rivière de l'Arc dans le Terroir d'Aix.
Cet Acqueduc a été ainsi projeté par le S.r Maurice Michel Fauvel Architecte, interessé dans la Compagnie et dans le projet du S.r Floquet et d'ailleurs Entrepreneur general chargé de la Construction du Canal de Provence, qui fait la principale partie de ce Projet.
9e Plan de cet Acqueduc
10e sa Coupe.

PRÉLIMINAIRES

L'Exposition rétrospective centennale de la Classe 29, modèles, plans et dessins de travaux publics, si un espace suffisant lui avait été attribué, aurait pu constituer un musée qui aurait fait ressortir, d'une manière saisissante, la masse des travaux exécutés, pendant le siècle dernier, par l'administration des travaux publics, ainsi que les progrès réalisés dans l'exécution de ces travaux.

Malheureusement il n'a été possible de disposer que d'une surface verticale de moins de trois cents mètres carrés et d'une surface horizontale assez faible. On a dû, dans ces conditions, se borner à exposer les modèles et dessins d'un nombre restreint d'ouvrages pour chaque catégorie de travaux.

Le Comité d'admission de la Classe 29 a eu le soin de recommander aux ingénieurs de s'efforcer de faire ressortir les progrès réalisés au siècle dernier, dans le choix des plans et dessins qu'ils présenteraient.

Dans le but de classer avec ordre les modèles, plans et dessins à exposer, le Comité d'installation de la Classe 29 a décidé que ces objets seraient divisés en six grandes catégories, savoir :

1° Routes et ponts ;
2° Navigation intérieure;
3° Ports maritimes ;
4° Chemins de fer;
5° Travaux des villes;
6° Travaux des industriels et groupes industriels.

Les plans et dessins relatifs à chacune de ces catégories ont été disposés sur des panneaux spéciaux portant, d'une manière très apparente, l'indication de la catégorie.

Quant aux modèles, en assez petit nombre, ils ont été pour la plupart groupés ensemble et disposés de manière à ne pas gêner la circulation ni le stationnement devant les cloisons verticales portant les plans et dessins.

Nous classerons en tête des objets se rapportant aux catégories indiquées ci-dessus le remarquable Rapport général sur l'Exposition universelle de 1889, rédigé sous la haute direction de M. Alfred Picard, président de section au Conseil d'État, commissaire général de l'Exposition universelle de 1900.

I

RAPPORT GÉNÉRAL SUR L'EXPOSITION UNIVERSELLE DE 1889

Sept volumes déposés sur une table spéciale où le public pouvait en prendre connaissance.

Le Rapport général sur l'Exposition de 1889 constitue une monographie très complète de cette Exposition. Il a été préparé par M. Alphand et ses collaborateurs, avec le concours de MM. Georges Berger et des chefs de service des installations, et achevé sous la direction de M. Alfred Picard, président de section au Conseil d'État, Commissaire général de l'Exposition universelle de 1900.

Ce travail, vraiment colossal, a été fait avec un soin au-dessus de tout éloge. Il comprend, dans une section spéciale, l'historique de toutes les grandes Expositions nationales ou internationales qui ont précédé celle de 1889, avec de nombreux documents du plus haut intérêt. La partie consacrée à la description des objets exposés constitue une véritable encyclopédie faisant ressortir l'ensemble des progrès réalisés dans toutes les branches de l'activité humaine.

II

ROUTES ET PONTS

§ I. — Routes.

Renseignements généraux.

Au commencement du siècle dernier, les grandes routes étaient devenues à peu près impraticables, leur entretien n'ayant reçu que des ressources tout à fait insuffisantes pendant les dernières années du dix-huitième siècle. Les chaussées étaient ruinées et il fallut tout d'abord pourvoir à leur rétablissement.

Sous le Consulat et le premier Empire, le réseau des routes nationales reçut, en outre, des perfectionnements importants, tant au point de vue de l'étendue de ce réseau qu'au point de vue des tracés.

Les routes ne furent pas oubliées sous la Restauration. Les méthodes d'établissement et d'entretien des chaussées empierrées furent l'objet de perfectionnements importants.

Parmi les rectifications de tracés qui furent exécutées, on doit citer la rectification de la route royale n° 7 entre le faîte séparatif des bassins de l'Océan, de la Méditerranée et la ville de Tarare. Cette rectification est un véritable modèle au point de vue de la perfection du tracé et de l'établissement des ouvrages d'art.

En 1830, après l'expédition de Grèce et la prise d'Alger, l'ère des grandes guerres

paraissait terminée et l'activité nationale se tournait vers l'industrie et le commerce. Le perfectionnement des voies de communication fut une des premières préoccupations. Les routes royales et départementales furent développées. 6000 kilomètres s'ajoutèrent au réseau des voies de l'État et 17000 au réseau des voies départementales.

En même temps l'entretien de ces voies reçut une organisation très étudiée qui dure encore aujourd'hui. De grands progrès furent réalisés dans l'entretien des chaussées et les meilleures méthodes furent vulgarisées. A la même époque, de savantes études sur la question du tirage sur les routes et de l'influence des pentes furent poursuivies.

Dans la période s'étendant de 1830 à 1848, l'amélioration de l'état des chaussées avait été tel que le prix des transports sur les grandes. routes s'était abaissé à $0^{fr},20$ par tonne et par kilomètre, alors qu'au commencement du siècle il s'élevait à $0^{fr},40$.

Sous le second Empire, une vive impulsion fut donnée au développement des voies de communication de toute espèce, et, bien que les routes eussent perdu les transports à grande distance par suite de la construction des chemins de fer, elles n'en constituaient pas moins une partie fort importante de l'ensemble des voies de communication. Les méthodes d'entretien des chaussées empierrées reçurent des perfectionnements fort importants.

Pendant cette période, 650 millions furent consacrés à l'entretien des routes, à la rectification des tracés défectueux et à l'achèvement des lacunes.

Après la guerre de 1870-1871, les premiers efforts durent être consacrés au rétablissement des chaussées ruinées par le passage des armées dans les régions envahies et à la reconstruction des ponts que les nécessités de la guerre avaient c nduit à détruire.

En 1878, sur l'ordre de M. de Freycinet, ministre des Travaux publics, le corps des ponts et chaussées dressa un vaste programme des travaux à exécuter sur les voies de communication de toute catégorie pour satisfaire, aussi complètement que possible, aux besoins de l'industrie et du commerce. Ce programme fut approuvé par le ministre et soumis à la sanction du Parlement.

Les travaux à exécuter sur les routes nationales y étaient compris pour une somme de 150 millions, en ce qui concerne le territoire continental; 3 millions devaient être affectés aux routes de la Corse et 2 millions et demi à celles de l'Algérie.

Le programme, étudié par des commissions régionales d'ingénieurs et arrêté par le Conseil général des ponts et chaussées, avait une grande ampleur, mais le Conseil général avait eu le soin de classer les travaux qui y étaient compris par catégories suivant l'ordre d'urgence de l'exécution. Cette classification permettait d'imprimer aux travaux une marche rationnelle et d'ajourner tout ce qui n'était pas indispensable jusqu'à plus ample informé.

Dans la période s'étendant de 1870 à 1900, près de 600 millions furent consacrés à l'entretien proprement dit et 200 millions environ aux travaux de grosses réparations et de rectifications.

La longueur totale des routes nationales, qui était de 25713 kilomètres en 1800, s'élevait à 38015 kilomètres en 1900.

Les travaux fort importants exécutés sur les routes nationales pendant le siècle dernier, les perfectionnements remarquables apportés au mode d'entretien des chaussées et les études savantes concernant le tirage sur les routes et l'influence des décli-

vités sont l'œuvre du corps des Ponts et Chaussées. Des ingénieurs du plus grand mérite prirent part à ces travaux, nous nous bornerons à citer les plus anciens, qui sont considérés comme des maîtres : Girard, Navier, Berthaud-Ducreux, Vignon, Manès, Coriolis, Schwilgué, Cavenne, Ménard, Dupuit, Graeff.

OBJETS EXPOSÉS :

Les exposants pour les routes nationales sont au nombre de quatre, savoir :

Service du département des Alpes-Maritimes.
(M. Aubé, ingénieur en chef.)

Service du département de l'Aveyron.
(M. Le Cornec, ingénieur en chef.)

Service du département de la Haute-Savoie.
(M. Schœndœrffer, ingénieur en chef.)

Service du département de la Haute-Vienne.
(M. Jullien, ingénieur en chef.)

I. — Service du département des Alpes-Maritimes

Carte du département des Alpes-Maritimes faisant ressortir l'importance comparative du développement des voies de communication de terre en 1800, *en* 1860, *année de l'annexion du Comté de Nice à la France, et en* 1900.

Les résultats de cette comparaison sont résumés dans le tableau suivant :

INDICATION DES VOIES DE COMMUNICATION	LONGUEUR DES VOIES DE COMMUNICATION		
	en 1800	en 1860	en 1900
	Kilom.	Kilom.	Kilom.
Routes nationales, parties carrossables	121	233	451
Routes départementales, parties carrossables.......	20	107	187
Chemins de grande communication...............	87	132	847
Longueur totale...........	228	472	1 485

II. — Service du département de l'Aveyron

Rectification de la route nationale n° 120 entre Espalion et Entraygues.

(Photographie)

Cette rectification, de 27 kilomètres de longueur, présente, sur 8 kilomètres environ de son parcours, une gorge très resserrée et très sauvage, où l'exécution des travaux a donné lieu à de très sérieuses difficultés. Les photographies exposées font ressortir, d'une façon saisissante, ces difficultés.

La dépense totale d'établissement s'est élevée à la somme de 1 241 241fr,45.

Les travaux ont été exécutés par MM. les Ingénieurs en chef Salles, des Orgeries, Doutres, Pugens et Lefranc et par MM. les Ingénieurs ordinaires Poulon, Cultil, Hauric, Bial, Dalbrut et Harel de la Noë.

III. — Service du département de la Haute-Savoie

Carte du département de la Haute-Savoie indiquant les voies de communication de toute catégorie, construites depuis l'annexion du duché de Savoie à la France.

Le tableau suivant donne la longueur des voies de communication construites et les dépenses qui ont été consacrées à leur exécution :

INDICATION DES VOIES DE COMMUNICATION	LONGUEURS	DÉPENSES DE CONSTRUCTION
	Kilom.	Fr.
Chemins de fer	286	70,796,000
Routes nationales	146	8,777,000
Routes départementales	124	5,117,000
Chemins de grande communication	413	10,124,000
Chemins d'intérêt commun	194	3,455,000
Chemins vicinaux ordinaires	981	13,605,000
Longueur totale	2 144	
Dépense totale		111,874,000

Le montant total des budgets des dépenses extraordinaires des trois provinces de Chablais, Faucigny et Genevois, qui ont formé le département de la Haute-Savoie, s'est élevé, pendant la période s'étendant de 1843 à 1859, à la somme de 1 962 000 fr.,

ce qui correspond à une dépense moyenne de 122000 francs par an, alors qu'en partant du total du tableau ci-dessus, on arrive à une dépense annuelle de 2800000 francs.

IV. — **Service du département de la Haute-Vienne**

(Documents déposés sur une tablette.)

1° *Plan itinéraire colorié de la grande route de Toulouse dans la généralité de Limoges, dressé en* 1760.

Ce plan est un plan topographique, à l'échelle d'une ligne pour 10 toises, s'étendant sur une largeur de 800 toises, 400 toises en moyenne de part et d'autre de la route. C'est une sorte de carte à l'é helle de 1/8640, ne donnant que fort peu de renseignements au point de vue de la route proprement dite, mais représentant fidèlement la planimétrie et les principaux accidents de terrain de la région traversée.

2° *Plan de la même route avec l'indication des travaux exécutés chaque année de* 1768 *à* 1786.

Ce plan, d'une exécution semblable à celle du précédent, est à une échelle moitié moindre (une ligne pour 20 toises) et comprend seulement une zone de 500 toises, 250 toises environ de part et d'autre de la route. Il est accompagné d'un tableau indiquant les travaux exécutés de 1768 à 1786.

3° *Mémoire sur la construction et l'entretien des routes, par Trézaguet, inspecteur de la généralité de Limoges.*

Ce mémoire, qui porte la date du 17 septembre 1775, contient des idées en général fort justes et établit des principes dont la plupart sont encore appliqués aujourd'hui. La partie relative à l'entretien est particulièrement intéressante; on y trouve en germe l'institution du cantonnier, dont les fonctions sont nettement définies et dont le nom est proposé. L'Assemblée des ponts et chaussées de l'époque a rendu à l'auteur de ce mémoire l'hommage qu'il méritait en décidant qu'une copie de son travail serait adressée à tous les ingénieurs en chef.

---

§ 2. — Ponts

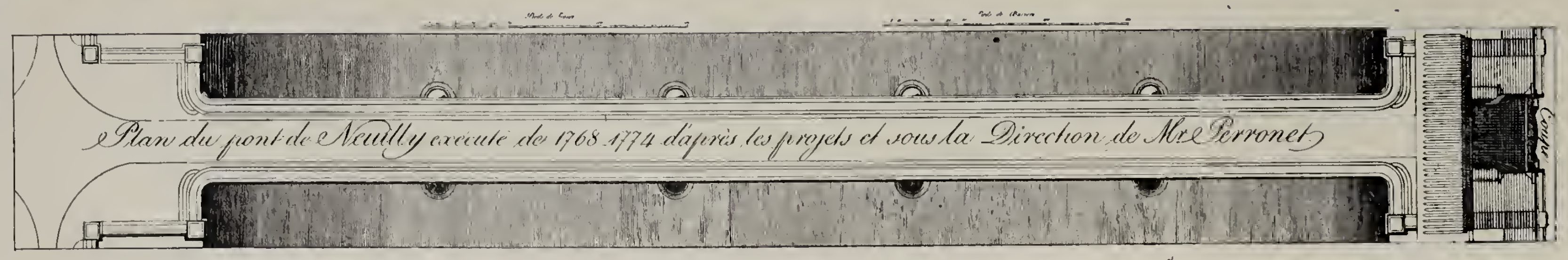
Renseignements généraux.

La construction des ponts a pris un développement considérable au cours du siècle dernier. Il existait encore en 1800 un grand nombre de bacs à la traversée des fleuves et des rivières par les grandes routes. On s'est efforcé de les remplacer par des ponts.

Levage d'un Centre de charpente.

V

G d F B b k d A B E D



Dessins concernant la construction du pont de Neuilly.

(*Collection de M. François Carnot.*)

P. 12.

La construction des ponts en pierre étant très coûteuse, on établit un assez grand nombre d'ouvrages en charpente ; néanmoins les bacs auraient peut-être subsisté encore pendant longtemps, si l'invention des ponts suspendus n'avait pas permis d'effectuer la traversée des grands cours d'eau au moyen d'ouvrages ne donnant lieu qu'à des frais de construction relativement peu élevés. Ces ouvrages offraient, en outre, l'avantage, par la grande longueur de leurs travées, de permettre d'éviter des fondations souvent difficiles et de laisser une ouverture libre beaucoup plus grande que les ponts en pierre pour le passage des bateaux. Ces avantages ont été réalisés plus tard avec des ouvrages plus solides, d'abord par la construction des ponts en arcs de fonte et ensuite par l'établissement des ponts en tôle de fer et d'acier.

Les procédés de fondation des ponts ont été grandement améliorés pendant le dix-neuvième siècle. C'est surtout par là que péchaient les ouvrages établis pendant les siècles précédents, et chaque crue importante d'un cours d'eau entraînait souvent la chute de plusieurs ponts.

L'application de l'air comprimé à l'exécution des fondations permet aujourd'hui d'asseoir sûrement les bases des ouvrages, soit sur le rocher, soit sur le terrain incompressible à une profondeur suffisante pour que les affouillements ne soient pas à redouter.

Sous le Consulat et le premier Empire, de nombreux ponts furent construits sur les routes nationales, spécialement à Paris, dans la banlieue de la capitale et dans les régions avoisinantes. C'est de cette époque que datent les ponts d'Iéna, d'Austerlitz, de Sèvres, de Saint-Cloud, de Choisy, d'Asnières, d'Argenteuil et d'Ivry.

Sous la Restauration fut construit le pont de Bordeaux dans des conditions très difficiles avec les moyens dont on disposait alors ; à la même époque s'édifiaient les ponts de Rouen, d'Agen, d'Aiguillon, de Libourne, de Louviers et de Grenelle.

C'est à cette époque que Vicat fit sa découverte sur les chaux hydrauliques, qui a illustré son nom et qui a été d'un si grand secours pour l'exécution des travaux publics dans le monde entier.

Après 1830, les travaux de l'Etat reçoivent une grande impulsion et de nombreux ponts sont construits, soit pour remplacer d'anciens ouvrages ruinés, soit pour améliorer le passage des cours d'eau encore desservis par des bacs.

C'est à cette époque que se généralise la construction des ponts suspendus en France.

Le célèbre pont de la Roche-Bernard, d'une portée de 200 mètres, est édifié en 1838.

Pendant la même période, Polonceau construit le pont du Carrousel, avec arcs en fonte, dont la hardiesse fut très remarquée.

Près de trois cents ponts furent construits ou rétablis sous le règne de Louis-Philippe.

Sous le second Empire, trois millions de francs sont consacrés, avec des subventions locales, à remplacer des anciens ponts et des bacs par de nouveaux ouvrages. En 1861, s'édifie le grand pont tournant sur la Penfeld, entre Brest et Recouvrance, qui livre aux navires une passe de 100 mètres de largeur.

Les ponts de l'Alma, de Solférino, Saint-Louis, d'Arcole sont construits sur la Seine, à Paris, et la plupart des anciens ponts de la capitale sont remaniés ou reconstruits.

Sous la troisième République, les sommes consacrées aux routes dans le programme de Freycinet comprenaient l'établissement d'un assez grand nombre de ponts.

Plusieurs grands ouvrages sont établis sur divers points du territoire, notamment à Toulouse, à Saint-André de Cubzac, à Rouen et à Lyon. Plusieurs ponts de Paris reçoivent d'importantes modifications.

Les ponts suspendus sont l'objet de perfectionnements fort importants, permettant de donner à leurs tabliers une rigidité qui faisait défaut dans les anciens ponts. Une somme d'environ huit millions de francs est consacrée au rachat des ponts à péage.

Le dix-neuvième siècle a vu s'élever un grand nombre de très beaux ponts de tous les systèmes. Leur construction fait le plus grand honneur aux ingénieurs des ponts et chaussées qui les ont édifiés. Nous nous bornerons à citer les noms des plus anciens qui furent des maîtres dans l'art de bâtir : Lamandé, Vigouroux, Navier, Emery, Deschamps, Billaudel, Drappier, Partiot, Bonnetat, Mallet, Polonceau.

OBJETS EXPOSÉS :

Les exposants pour les ponts sont au nombre de huit, savoir :

École nationale des Ponts et Chaussées.
(M. l'inspecteur général Ricour, directeur; M. l'inspecteur général de Dartein, inspecteur.)

Service du département de l'Allier.
(M. Doërr, ingénieur en chef.)

Service du département des Ardennes.
(M. Rigaux, ingénieur en chef.)

Service du département de l'Aveyron.
(M. Le Cornec, ingénieur en chef.)

Service du département du Gard.
(M. Salles, ingénieur en chef.)

Service du département de Vaucluse.
(M. Dyrion, ingénieur en chef.)

Service du département de la Vendée.
(M. Salle, ingénieur en chef.)

Service du département de la Haute-Vienne.
(M. Jullien, ingénieur en chef.)

I. — École des Ponts et Chaussées.

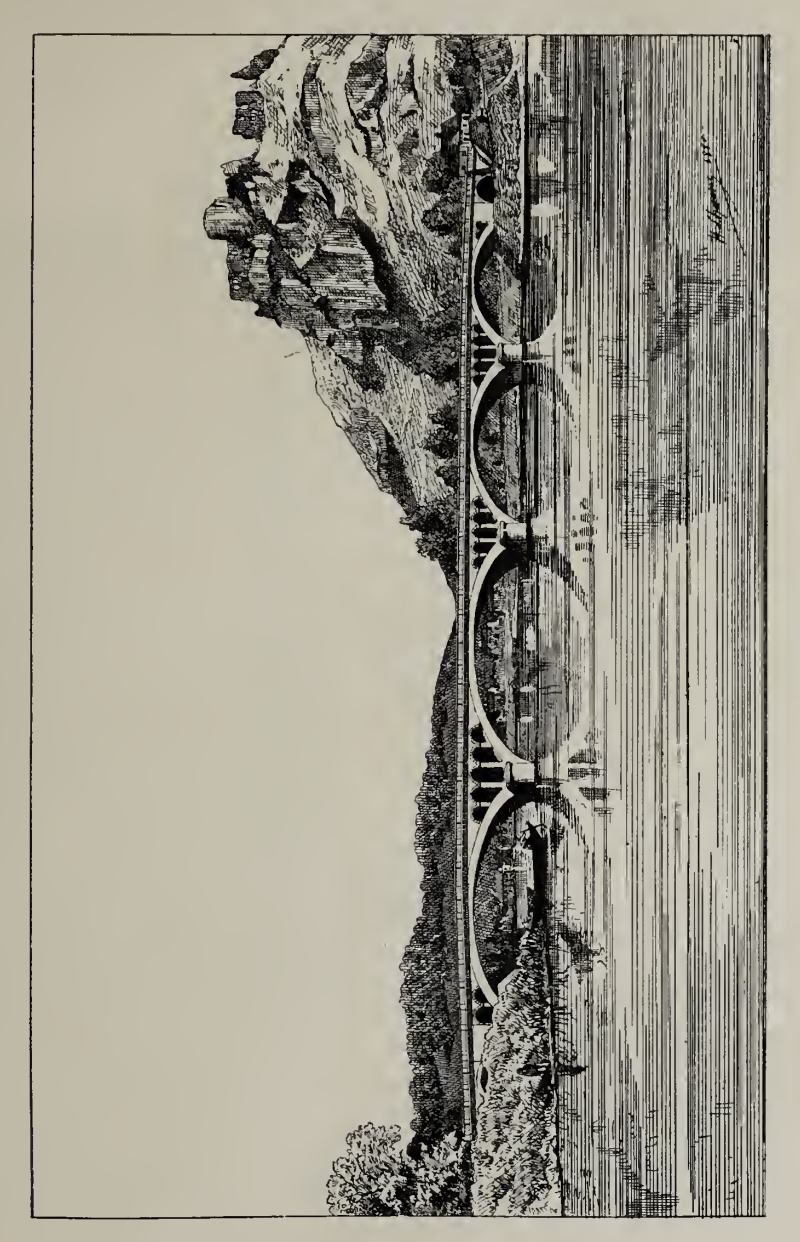
1° *Pont des Andelys (Eure), sur la Seine (route départementale n° 15).*

(Modèle à l'échelle de 1/25)

Cet ouvrage a été construit en remplacement d'un pont suspendu détruit en 1870, pendant la guerre.

§ 2. — Ponts.

Pont des Andelys sur la Seine.

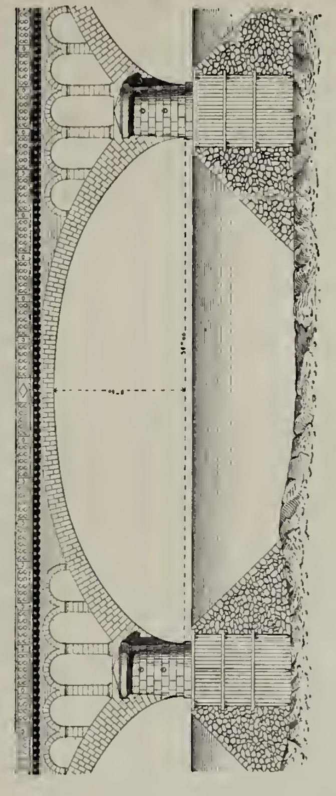


Vue pittoresque.

II. — ROUTES ET PONTS

§ 2. — Ponts.

Pont des Andelys, sur la Seine.



Élévation d'une arche marinière.

La longueur totale du pont, culées comprises, est de 181^{m},60 et sa largeur entre tympans est de 7^{m},20. La largeur libre entre parapets est de 6^{m},78.

Le pont comprend quatre arches en anse de panier de 34 mètres d'ouverture et de 8^{m},80 de flèche.

Les tympans sont évidés au moyen de petites voûtes en plein cintre de 2^{m},10 de diamètre.

L'ouvrage a été commencé au mois de mai 1872 et terminé au mois de novembre 1873.

(M. Degrand, ingénieur en chef; M. Cordier, ingénieur ordinaire.)

2° *Pont sur la rivière El-Cinca dans la province de Huesca (Espagne).*

(Modèle à l'échelle de 1/20)

Cet ouvrage, construit pour donner passage à la route du Grado à Benasque, est constitué par une seule arche métallique de 68 mètres d'ouverture.

La hauteur du tablier au-dessus du fond de la vallée est de 35 mètres.

L'arche est composée de quatre fermes s'appuyant, par l'intermédiaire de sabots en fonte sur des sommiers en retraite sur le massif supérieur des culées. Les fermes sont espacées de 1^{m},50.

L'intrados de chaque ferme a 68 mètres de corde et 7^{m},580 de flèche; l'extrados a 69^{m},085 de corde et 7^{m},630 de flèche; la hauteur de la ferme est de 0^{m},980 à la clef et de 1^{m},285 aux naissances.

La ferme est constituée par les pièces suivantes, indépendamment de l'arc :

1° Un longeron inférieur appuyé sur l'extrados de l'arc;

2° Un longeron supérieur horizontal encastré dans les culées;

3° Une série de montants verticaux, encadrant des croix de Saint-André et reliant les deux longerons;

4° Un arc intermédiaire en fer plat, également distant des longerons, passant par les intersections des bras des croix de Saint-André et dont les extrémités sont encastrées dans les culées.

Le contreventement des fermes est assuré par les pièces suivantes :

1° Une première série de croix de Saint-André, correspondant de deux en deux aux montants des tympans et dirigées suivant les rayons de l'arc, dont elles occupent toute la hauteur;

2° Une seconde série de croix de Saint-André verticales, réunissant tous les montants des fermes et au nombre de trois, deux ou une, suivant la hauteur du tympan;

3° Vingt-quatre grands boulons horizontaux reliant les intersections des bras des grandes croix des fermes;

4° Les pièces de pont, espacées de 1^{m},765 et placées au droit des montants des fermes.

Les pièces de pont ont 1^{m},680 de hauteur, leur longueur totale est de 6^{m},200 dépassant de 0^{m},680 la verticale des fermes de tête, pour former deux saillies supportant les garde-corps en encorbellement.

Le pont d'El-Cinca a été construit en 1865 par les usines du Creusot, sur les projets de M. Mathieu, ingénieur en chef de ces usines.

II. — Service du département de l'Allier.

Travaux de consolidation du radier du pont de Moulins, sur l'Allier.

Le pont de bois existant sur l'Allier, à Moulins, est emporté en 1676.

En 1685 un pont en pierre, le pont Ginquet, est construit pour le remplacer; il est renversé par une crue en 1689.

En 1705, un nouveau pont en pierre est construit sous la direction de Mansard, surintendant des bâtiments du Roi; une crue, survenue le 8 novembre 1720, emporta cet ouvrage non encore terminé.

L'étude et la construction d'un nouveau pont en pierre sont confiées, en 1750, à l'ingénieur de Régemortes.

Cet ingénieur recherche les causes qui ont amené la destruction des ponts Ginquet et Mansard et constate que les affouillements dans le lit de l'Allier descendent jusqu'à des profondeurs de $4^m,87$ à $6^m,50$, alors que les fondations des ponts renversés étaient établies sur des pilotis n'ayant que $4^m,50$ à 5 mètres d'enfoncement.

M. de Régemortes décide alors de faire reposer l'ouvrage projeté sur une fondation continue régnant sur toute la largeur de la rivière et assise sur le sable incompressible et de s'opposer à l'enlèvement du sable en enfermant la fondation dans un encaissement formé par des files de pieux et palplanches battus en amont et en aval de la ligne des avant et arrière-becs. Le projet est dressé dans ces conditions en 1752, et les travaux sont terminés en 1763.

L'entreprise est couronnée d'un plein succès et l'ouvrage résiste aux crues si violentes qui se produisent après sa construction.

Cependant le régime de l'Allier s'est modifié depuis un siècle, le niveau de l'étiage a baissé sensiblement et le radier qui, en 1763, se trouvait placé à près d'un mètre au-dessous du niveau des basses eaux, se trouve aujourd'hui à environ $0^m,05$ au-dessus de l'étiage; il en résulte que les affouillements à l'aval qui, d'après Régemortes, ne devaient se produire que dans une partie du lit assez éloignée du radier, se font au pied même du massif du radier et tendent à déchausser la ligne de pieux et palplanches qui le borde à l'aval.

Dans cette situation, il a paru nécessaire de reporter à l'aval, à une distance suffisante, l'action pernicieuse des affouillements et de défendre, par un massif d'enrochement, le pied du radier du pont.

Un projet fut dressé en conséquence et approuvé le 30 juillet 1895; les travaux furent exécutés en 1896 et 1897.

Le radier proprement dit, partie située sous le pont, a une largeur de $19^m,49$; chacune des risbermes a une largeur de $4^m,87$, enfin la crèche située à l'aval a une largeur de $2^m,92$.

Le massif entier du radier est contenu par cinq files de pieux et palplanches, situées deux de part et d'autre de la partie centrale, deux aux extrémités des risbermes et la dernière à l'aval de la crèche.

Les pieux ont $6^m,825$ de longueur et $0^m,325$ de diamètre, ils sont espacés de $1^m,30$ et coiffés d'un chapeau de $0^m,325$ d'équarrissage. Les palplanches ont la même longueur, avec $0^m,135$ d'épaisseur et $0^m,27$ de largeur.

Le radier a $1^m,624$ d'épaisseur, il est formé d'une maçonnerie de moellons surmontée par un couronnement en dalles de $0^m,41$ d'épaisseur minima.

En 1895, par suite de l'abaissement du niveau de l'étiage, le radier constituait un véritable obstacle au-dessus duquel les eaux s'écoulaient en nappe déversante, avec une chute de $0^m,30$.

Cette chute était suffisante, en raison du débit de la rivière, qui ne descend jamais au-dessous de 25 mètres cubes, pour produire à l'aval un tourbillonnement des eaux très sensible, rendant difficile, sinon impossible, la remonte d'un bateau en basses eaux.

Le remous produit a eu pour conséquence de déterminer des affouillements d'une profondeur de $2^m,50$ au-dessous du niveau d'amont, constatés en basses eaux. Cette profondeur devait être beaucoup plus considérable en temps de crue.

La présence d'affouillements aussi importants à l'aval d'un ouvrage fondé à une profondeur relativement faible était de nature à donner des inquiétudes sérieuses, et il fut reconnu nécessaire d'exécuter des travaux de protection du radier.

Ces travaux comprennent essentiellement :

1° L'établissement d'un garde-radier, descendu suffisamment bas pour former écran et empêcher l'entraînement du sable et de l'argile sous le radier, de l'amont à l'aval;

2° L'établissement, en aval du garde-radier, d'un enrochement d'une longueur assez considérable pour reporter les affouillements dans une partie du lit suffisamment éloignée du radier.

En basses eaux, le courant de la rivière est localisé dans la partie du lit située vers la rive gauche, et la rive droite est encombrée de grèves épaisses qui recouvrent le radier et le protègent contre les affouillements. En conséquence, les travaux n'ont été prévus que dans la partie du radier recouverte par les eaux d'étiage, c'est-à-dire sur une longueur de 150 mètres environ.

Le mur de garde a 1 mètre de largeur et une profondeur de $2^m,40$; il est descendu à $1^m,08$ au-dessous du plancher sur lequel repose la maçonnerie du radier et à $0^m,40$ au-dessous de la cote la plus basse des affouillements constatés à l'aval en basses eaux ; il est exécuté en béton de chaux hydraulique, avec couronnement de béton de ciment de $0^m,30$ d'épaisseur.

L'enceinte du mur de garde est formée, du côté du radier, par la file de pieux et palplanches battue lors de la construction du pont, et, à l'aval, par une file de pieux et palplanches, dont les pieux ont 4 mètres de longueur et $0^m,20$ d'équarrissage et sont espacés de $3^m,50$ d'axe en axe. Entre deux pieux consécutifs sont battus des pieux intermédiaires de $0^m,15$ d'équarrissage. Tous les pieux sont réunis à leur tête par des moises de $0^m,20$ sur $0^m,10$ d'équarrissage. Les palplanches ont $0^m,10$ d'épaisseur, sur $0^m,25$ de largeur, et sont descendues à $0^m,60$ en contrebas de l'assiette du béton du mur de garde.

Les carrières du pays ne fournissant que des enrochements insuffisants, on a eu recours à l'emploi de blocs artificiels en maçonnerie de moellons bruts avec mortier de ciment.

L'enrochement présente une section transversale formée de six blocs, placés sur trois rangs. Le premier rang est formé de deux blocs superposés ayant pour dimensions $1^m,20$, 1 mètre, 1 mètre et $1^m,15$, 1 mètre, 1 mètre; le second rang est formé de deux blocs de $1^m,15$, 1 mètre et $0^m,90$ et le troisième rang de deux blocs de $1^m,15$, 1 mètre et $0^m,75$. Les blocs supérieurs des trois rangs présentent un talus

incliné vers l'aval ayant une pente de 0^{m},75 environ sur la longueur de 5 mètres. En aval de l'enrochement ainsi constitué on a échoué des blocs de 1^{m},20, 1 mètre et 1^{m},15 et on a rempli les vides entre les blocs avec des enrochements de moindres dimensions formés par les débris des blocs artificiels fendus avec des coins. Les joints séparatifs des blocs ont été remplis avec des sacs contenant du sable et du ciment destiné à faire prise dans l'eau.

La dépense à laquelle a donné lieu l'exécution des travaux s'élève au total de 81 518^{fr},06.

Les travaux ont été exécutés par MM. Doërr, ingénieur en chef, et Lemoine, ingénieur ordinaire des ponts et chaussées.

III. — Service du département des Ardennes.

Pont sur la Meuse, à Givet. Route nationale n° 51 de Givet à Orléans.

(Dessins)

Avant la construction de ce pont on traversait la Meuse à Givet sur un pont de bateaux.

Frappé des inconvénients de cette situation, Napoléon Ier, passant à Givet en 1803, ordonna le remplacement du pont de bateaux par un ouvrage fixe.

Des difficultés survenues entre le Génie et la ville ayant retardé jusqu'en 1809 le commencement des travaux, l'Empereur ne put pas profiter de cet ouvrage le 8 novembre 1811, lorsque, revenant de Hollande et des Flandres, il arriva à Givet; une crue de la rivière ayant rompu le pont de bateaux, Napoléon dut traverser la Meuse sur un radeau construit à la hâte par des prisonniers anglais et conduit par eux.

Le pont de Givet, construit en maçonnerie, est formé de cinq arches, en anse de panier à trois centres, d'ouverture et de flèches inégales. Les ouvertures sont de 21 mètres pour l'arche centrale, de 19 mètres pour les arches intermédiaires et de 17^{m},50 pour les arches de rive. Les flèches sont de 6^{m},83 pour l'arche centrale, de 6^{m},33 pour les arches intermédiaires et de 5^{m},33 pour les arches de rive.

L'épaisseur des piles est de 4^{m},10. Le débouché linéaire est de 94 mètres et la distance entre les parements des culées de 110^{m},40.

Les piles sont pourvues d'avant-becs et d'arrière-becs circulaires.

L'épaisseur des voûtes à la clef est, suivant les arches, de 1^{m},25, 1^{m},15 et 1^{m},07.

Les culées sont élégies par des voûtes en plein cintre de 3^{m},10 de diamètre donnant passage aux chemins de halage et de contre-halage.

La longueur totale du pont entre les murs des quais est de 133 mètres; la largeur entre les parapets est de 8 mètres, avec une chaussée de 5 mètres de largeur. Les parapets ont 0^{m},50 d'épaisseur.

Les piles sont fondées sur une plate-forme reposant sur des pieux, avec défenses en gros enrochements.

Tous les parements de l'ouvrage sont en pierre de taille, la construction en est très soignée.

Malgré son aspect un peu lourd, le pont de Givet est un ouvrage remarquable. Il a été construit par M. Girardeau, ingénieur en chef des ponts et chaussées à Sedan.

IV. — Service du département de l'Aveyron.

1° *Pont de la Mouline, sur l'Aveyron, route nationale n° 88, près de Rodez.*

(Photographies et dessins réunis dans un cadre)

Cet ouvrage est un pont en maçonnerie de deux arches de 21 mètres d'ouverture et de 2^{m},80 de flèche. La hauteur des piles et des culées au-dessus du socle jusqu'aux naissances des voûtes est de 2^{m},75. Les piles sont pourvues d'avant-becs et d'arrière-becs circulaires. Le bandeau des voûtes a 1 mètre d'épaisseur. La largeur de l'ouvrage entre parapets est de 8 mètres, dont 6 mètres de voie charretière. La largeur totale est de 10 mètres sur les culées.

Les parements des piles et des culées et le bandeau des voûtes sont en pierre de taille de grès dur, les autres parements sont en moellons calcaires.

Les travaux, exécutés en 1878, ont donné lieu à une dépense totale de 144233^{fr},65.

Le projet du pont a été dressé par MM. Renoust des Orgeries, ingénieur en chef, et Berget, ingénieur ordinaire. Les travaux ont été dirigés, au début, par les mêmes ingénieurs et ensuite par M. Lefranc, ingénieur en chef, et MM. Harel de la Noë et Tavernier, ingénieurs ordinaires.

2° *Pont d'Amaron sur le ruisseau du même nom, route nationale n° 20.*

Cet ouvrage se compose d'une arche en anse de panier à cinq centres de 18 mètres d'ouverture et de 6 mètres de flèche. L'épaisseur de la voûte à la clef est de 0^{m},95 ; la largeur entre tympans est de 7 mètres.

Les bandeaux de la voûte sont exécutés en pierre de taille et les tympans en moellons de granit à joints incertains.

L'exécution de ce pont, construit en 1882, a donné lieu à une dépense de 31 918^{fr},88. Le projet a été dressé et les travaux ont été exécutés par M. Lefranc, ingénieur en chef, et M. Dalbret, conducteur, faisant fonctions d'ingénieur ordinaire.

V. — Service du département du Gard.

1° *Pont suspendu de Beaucaire, sur le Rhône, route nationale n° 99, d'Aix à Montauban.*

(Photographie)

Cet ouvrage a été ouvert à la circulation en 1829.

Il comprend quatre travées, deux travées centrales de 120 mètres d'ouverture et deux travées de rive ayant 93^{m},60 d'ouverture du côté de Beaucaire et 90 mètres d'ouverture du côté de Tarascon.

Le tablier a une largeur totale de 6^{m},50 entre garde-corps, comprenant une chaussée de 4^{m},60 et deux trottoirs de 0^{m},95 de largeur.

Les trois piles du pont sont surmontées de portiques avec entablements ioniques de très belles proportions.

Le tablier et la suspension ont été entièrement refaits de 1889 à 1892. Le tablier est aujourd'hui rigide et peut donner passage à deux voitures de 11 tonnes marchant de front.

2° *Viaduc de Bez, sur le Merlançon, route nationale n° 99, d'Aix à Montauban.*

Cet ouvrage en maçonnerie, de 95 mètres de longueur, comprend 9 arches de 8 mètres d'ouverture ; sa hauteur au-dessus du lit du ruisseau le Merlançon est de 17 mètres.

La largeur de l'ouvrage entre tympans est de 8 mètres. La largeur de 7^m,20, entre parapets, comprend une chaussée de 6 mètres et deux trottoirs de 0^m,60 de largeur.

Les piles, sans contreforts, ont 2^m,50 d'épaisseur, sur 8 mètres de largeur.

Les fondations sont établies sur la marne argileuse à une profondeur variant de 4 à 5 mètres.

Les angles des piles, les cordons des naissances, les bandeaux des voûtes, la plinthe et les parapets sont en pierre de taille, les autres parements vus sont en moellons smillés.

Les travaux, commencés en 1847, suspendus en 1848, ont été repris en 1855 et terminés en 1859.

3° *Pont de Massanes, sur le Gardon d'Anduze, route nationale n°* 110, *de Montpellier au Puy.*

Cet ouvrage, en maçonnerie, se compose de 9 arches en plein cintre de 14 mètres d'ouverture. Sa longueur est de 157 mètres et sa hauteur au-dessus de l'étiage du Gardon est de 9^m,35.

La largeur du pont est de 8 mètres entre les tympans, elle est portée à 10 mètres sur les culées.

Les piles ont 3 mètres d'épaisseur au niveau des naissances et sont pourvues d'avant-becs et d'arrière-becs circulaires sur 4^m,78 de hauteur.

Les piles et culées ont été établies sur des massifs de béton immergé dans des enceintes de pieux et palplanches, descendus jusqu'au rocher à des profondeurs variant de 3 mètres à 3^m,50.

Les travaux de construction, commencés en 1843, ont été achevés en 1848.

VI. — **Service du département de Vaucluse.**

Pont de Bompas, sur la Durance, route nationale n° 7.

(Dessins)

Le pont de Bompas est un pont suspendu rigide, à pièces amovibles, construit pour remplacer un vieux pont en charpente dont neuf travées avaient été emportées par la crue du Rhône du 11 novembre 1886.

Le pont a une longueur totale de 521 mètres entre culées; il comprend deux travées centrales de 147m,50 d'ouverture et deux travées de rive, de 100 mètres d'ouverture pour la rive gauche et de 105 mètres pour la rive droite. Les portées des câbles, entre leurs points hauts, sont de 154m,50 pour les travées centrales, de 105m,50 et 110m,50, pour les travées de rive. Une longueur de travée de 30 mètres à partir de chaque pile et de 5 mètres en avant de chaque culée est soutenue par des câbles obliques de rigidité. La longueur du tablier effectivement supportée par les câbles de suspension est donc de 87m,50 pour les travées centrales et de 65 mètres et 70 mètres pour les travées de rive.

La largeur du tablier, entre garde-corps, est de 6 mètres, dont 4m,60 pour la voie charretière et 1m,40 pour les trottoirs.

Les piles ont 7 mètres d'épaisseur; leur hauteur est de 20 mètres au-dessus du tablier et de 26m,60 à 26m,85 au-dessus de l'étiage.

Les massifs d'amarrage sont à galeries directes. Les galeries inclinées ont 1m,60 de hauteur verticale et 1m,75 de largeur; elles sont munies d'escaliers.

Les câbles de suspension sont au nombre de six de chaque côté; ils sont formés de fils d'acier à torsions alternatives, présentent une section de 2283 millimètres carrés et travaillent à 18 kilogrammes sous la charge permanente et une surcharge de 300 kilogrammes par mètre carré.

Les poutrelles sont formées de pièces d'acier en U sous-tendues par un câble en fils d'acier; leur portée est de 7 mètres entre les points d'attache des tiges de suspension. Elles pèsent chacune 380 kilogrammes et ont été calculées de manière à permettre le croisement de deux essieux de 11 tonnes chacun.

Le garde-corps, du type des poutres raidissantes, comprend deux fers en U de 0m,40 sur 0m,50 boulonnés sur les poutrelles à 0m,12 l'un de l'autre et formant longrine inférieure; deux fers semblables, maintenus également à 0m,12 l'un de l'autre, forment la lisse supérieure et, couronnés d'un fer zorès arrondi de 0m,210 sur 0m,083, constituent la main courante; des potelets verticaux en fonte maintiennent l'espacement entre les deux lisses; des tirants en acier, formant croix de Saint-André, et complétant la triangulation du système, enfin trois cordelettes en fer galvanisé, disposées parallèlement au tablier, entre la lisse inférieure et la lisse supérieure.

Les conditions de travail et de résistance des diverses pièces métalliques sont indiquées dans le tableau suivant :

	RÉSISTANCE A LA RUPTURE	TRAVAIL MAXIMUM
	Kil.	Kil.
Fil d'acier doux	80	18
Acier forgé	56	11
Acier laminé	42	8
Fer forgé	38	8
Fer laminé	31	6

La dépense totale de construction du pont s'élève à la somme de 1 039 856 fr,21.

VII. — Service du département de la Vendée.

Pont Saint-Nicolas, à Montaigu, sur la rivière des Deux-Maines.

Le pont Saint-Nicolas se compose de quatre arches ogivales surhaussées. Les deux arches principales ont 10^m,40 d'ouverture et 5^m,80 de montée; les deux arches de rive ont 7^m,65 d'ouverture et 5^m,80 de montée. Les piles ont 2^m,20 d'épaisseur, elles sont pourvues, en amont, d'avant-becs de section triangulaire équilatérale, couronnés par des pyramidons. La longueur totale de l'ouvrage est de 56^m,45 et sa largeur entre les têtes de 6^m,80. La largeur libre entre les garde-corps en fonte est de 7^m,10, comprenant une chaussée de 5^m,10 et deux trottoirs de 1 mètre. Les trottoirs présentent un encorbellement supporté par des consoles en pierre, de 0^m,30 sur 0^m,40, espacées d'un mètre d'axe en axe.

On ignore à quelle époque remonte la construction du pont Saint-Nicolas, mais cet ouvrage est évidemment fort ancien. L'établissement des trottoirs en encorbellement et des garde-corps en fonte remonte à 1849.

En 1855, le pont fut complètement restauré, les travaux exécutés comprenaient :

L'établissement de chapes en ciment de Vassy sur l'extrados des trois premières voûtes;

La réparation et le rejointoiement, avec mortier mixte, des faces intérieures des murs des tympans;

Le redressement des surfaces d'intrados des trois premières voûtes au moyen de rocaillages en mortier de ciment et leur recouvrement par une chemise de 0^m,015 d'épaisseur du même mortier, sur laquelle est figuré un appareil;

La reprise en sous-œuvre des faces du socle de la première pile et de la première assise de fondation des socles des deux autres piles;

Enfin le rejointoiement des maçonneries de pierre de taille avec mortier de ciment de Vassy.

Ces travaux exécutés par M. Gariel, propriétaire des usines de Vassy, ont été très soignés et ne se sont pas détériorés.

En 1875, les tympans ont été revêtus d'un enduit pareil à celui des voûtes.

L'arche de la rive droite, construite par Fresnel en 1813, sur l'emplacement d'une culée tombant en ruines, n'avait pas eu part à ces réparations. En 1878, on établit une chape au-dessus de la voûte de cette arche et on rejointoya les parements intérieurs des murs des tympans.

VIII. — Service du département de la Haute-Vienne.

1° *Pont Saint-Martial, sur la Vienne, à Limoges.*

(Photographie)

Ce pont, dont la construction remonte au treizième siècle, est formé de sept petites arches en ogive aplatie, dont les ouvertures varient de 8^m,20 à 13^m,20.

Les avant-becs, de forme ogivale, s'élèvent sur toute la hauteur des piles pour

constituer des refuges à leur sommet. Les arrière-becs, de forme rectangulaire présentent la même disposition.

2° *Vieux pont Saint-Étienne, sur la Vienne, à Limoges.*
(Photographie)

Ce pont, dont la construction remonte à la même époque que celle du pont Saint-Étienne, présente des dispositions semblables, mais il a huit arches au lieu de sept.

Ces deux ponts, qui sont construits en pierre granitique, ne présentent pas d'appareil régulier et sont d'une exécution imparfaite.

3° *Pont neuf sur la Vienne, à Limoges.*
(Photographie)

Cet ouvrage, construit de 1832 à 1840, est formé de trois arches en plein cintre de 20 mètres d'ouverture. Sa longueur totale est de 102 mètres et sa hauteur de 20 mètres. La pierre de taille et les moellons de parement proviennent des carrières de granit de Faneix. La construction du pont est très soignée; elle se distingue par la bonne exécution de l'appareil et par l'emploi d'énormes blocs pour l'établissement des dés et des parapets.

4° *Vieux pont de Morterolles.*
(Dessin représentant une vue perspective du pont, déposé sur une tablette).

Cet ouvrage, dont la vue a été exécutée en 1836 par un expert géomètre, est un pont analogue aux ponts Saint-Martial et Saint-Étienne et dont la construction remonte vraisemblablement à la même époque.

III

NAVIGATION INTÉRIEURE

§ 1er. — Fleuves et Rivières navigables

Renseignements généraux.

Le réseau complet des voies de navigation intérieure en France comprend les cours d'eau naturels et les canaux.

Les cours d'eau navigables ont, pour la plupart, donné passage aux bateaux de toute antiquité, mais la navigation y était, le plus souvent, très précaire et elle était soumise à de longs chômages pendant les basses eaux.

Jusqu'en 1818, les rivières étaient restées, pour la plupart, à l'état naturel. A cette époque une étude d'ensemble fut élaborée et aboutit à un programme comprenant l'achèvement de 2800 kilomètres de canaux et l'amélioration d'un certain nombre de cours d'eau navigables.

Sous le gouvernement de la Restauration, la Seine, la Saône, la Scarpe, l'Aa, la Garonne, le Tarn, la Nive et plusieurs autres rivières de moindre importance sont l'objet de notables améliorations.

Sous le gouvernement de Juillet, l'amélioration des rivières navigables reçoit une vive impulsion grâce à l'invention des barrages mobiles due à Poirée. Ces barrages, soutenus par des fermettes qui s'abattent sur le radier, permettent de ne pas diminuer la puissance d'écoulement en temps de crue et de relever les eaux en temps ordinaire, de manière à créer une série de biefs analogues à ceux des canaux, qui permettent de donner passage à des bateaux d'un tirant d'eau et d'un tonnage, qui ne pouvaient être réalisés dans les cours d'eau à l'état naturel.

Ce système, appliqué et perfectionné par des ingénieurs habiles : Thénard, Chanoine, Louiche-Desfontaines et d'autres, dont quelques-uns vivent encore, donna de si excellents résultats qu'il se répandit rapidement à l'étranger. Il reçoit encore aujourd'hui, sur les cours d'eau non torrentiels, des applications qui vont sans cesse en se développant.

Le tirant d'eau des biefs a été successivement augmenté et la canalisation des rivières, par l'emploi de ce système, a permis la communication facile entre les voies naturelles et les voies artificielles, et la transformation en un réseau continu d'un ensemble de voies navigables qui étaient autrefois sans communications entre elles.

Sous le second Empire, l'amélioration des rivières navigables fut l'objet de grands efforts, on y consacra une somme de 162 millions de francs.

Grâce à la suppression des droits de navigation et aux perfectionnements qu'avaient reçus les voies navigables, ces voies purent partager avec les chemins de fer l'important trafic qui fut une conséquence des traités de commerce.

Sous la troisième République, des travaux fort importants furent exécutés sur les rivières navigables. Sur la Seine, en aval de Paris, en vue de réaliser un tirant d'eau de 3 mètres et plus, MM. de Lagrenée et Caméré, ingénieurs des ponts et chaussées, ont appliqué un système de barrages mobiles différent de celui imaginé par Poirée et consistant à relever les panneaux formant le barrage sous le tablier d'un pont métallique supérieur. Ce système avait été imaginé par M. Tavernier, ingénieur en chef de la navigation du Rhône, qui avait reconnu l'impossibilité absolue d'appliquer à ce fleuve le système Poirée à cause de l'abondance des graviers charriés en temps de crue.

Ce nouveau système ne fut pas appliqué à l'amélioration de la navigation du Rhône, qui fut réalisée, sans avoir recours à aucun barrage, par l'établissement de digues basses longitudinales limitant le chenal et de barrages transversaux noyés, dont la partie supérieure est au niveau du fond du lit.

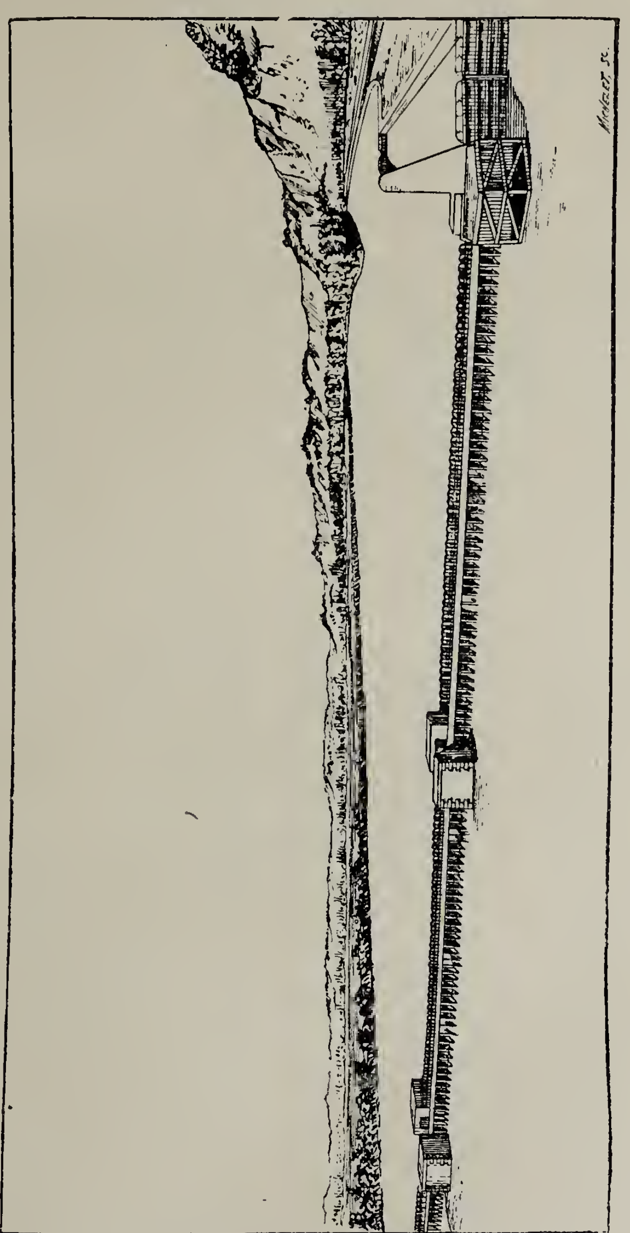
Le programme de Freycinet comportait l'application au perfectionnement de la navigation intérieure, rivières et canaux, d'une somme de 820 millions de francs, qui devait être répartie entre 83 voies navigables d'une longueur totale de 11400 kilomètres.

Les importants travaux exécutés pendant le dix-neuvième siècle sur les cours d'eau navigables et les études qui les avaient précédés sont l'œuvre des ingénieurs des ponts et chaussées.

III. — NAVIGATION INTÉRIEURE

§ 1er. — Fleuves et Rivières navigables.

Barrage de Port-Villez, sur la Seine.

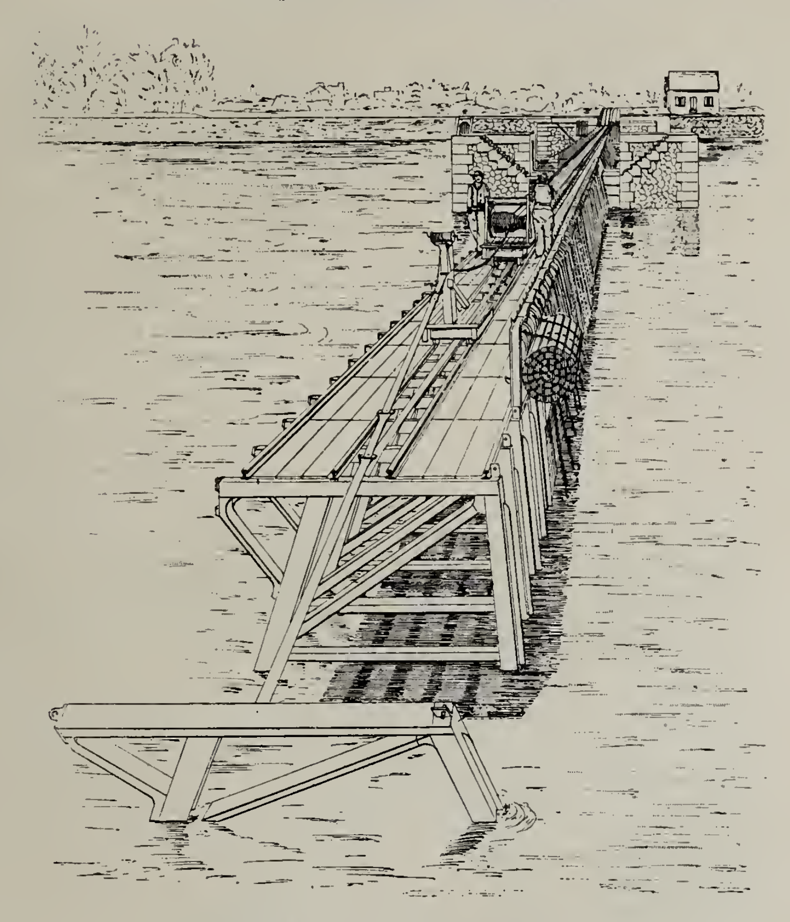


Vue générale du barrage.

III. — NAVIGATION INTÉRIEURE

§ 1. — Fleuves et Rivières navigables.

Barrage de Port-Villez, sur la Seine.

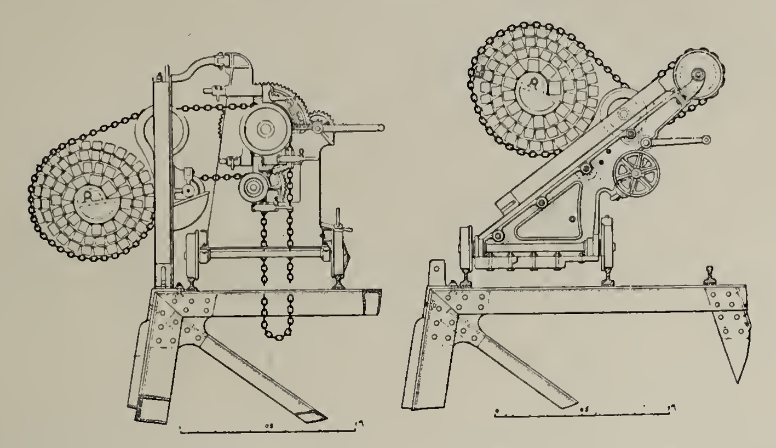


Abatage des fermettes du barrage.

III. — NAVIGATION INTÉRIEURE

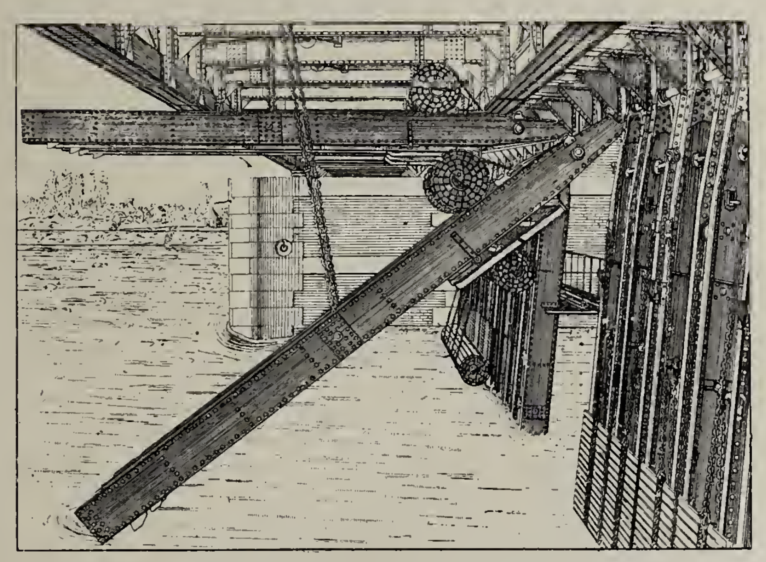
§ 1. — Fleuves et Rivières navigables.

Barrage de Port-Villez, sur la Seine.



Treuil de manœuvre des rideaux et chariot de transbordement des châssis porte-rideaux.

Barrage de Poses, sur la Seine.



Vue d'amont. — Relevage d'un cadre.

En dehors des ingénieurs cités plus haut comme ayant participé à la belle invention et aux perfectionnements des barrages mobiles, il convient de rappeler les noms des ingénieurs les plus anciens qui ont participé aux travaux de navigation et qui constituaient l'élite du corps des ponts et chaussées à l'époque où ils vivaient : Tarbé de Vauxclairs, Fèvre, Cordier, Brisson, Eustache, Berigny, de Beaudre, Brière de Mondétour, Vauvilliers, Vallée, Vigouroux, Brémontier, Groy, Emmery, Lacordaire, Bélanger, de Guillebon, Genyès, Mary, Berthaud-Ducreux, Beaudemoulin, Avril, Payen.

OBJETS EXPOSÉS :

Huit exposants ont fait figurer des modèles, plans ou dessins relatifs aux fleuves et rivières navigables, à l'Exposition rétrospective de la Classe 29, savoir :

École des ponts et chaussées.
(M. l'inspecteur général Ricour, directeur ; M. l'inspecteur général de Dartein, inspecteur.)

Service de la navigation de la Loire, 2e section.
(M. Mazoyer, ingénieur en chef.)

Service de la navigation de la Marne, entre Épernay et Charenton.
(M. Pavie, ingénieur en chef.)

Service de la navigation de la Meuse.
(M. Rigaux, ingénieur en chef.)

Service de la navigation de la Saône.
(M. Henri Tavernier, ingénieur en chef.)

Service de la navigation de la Seine, 1re section ; 1re division.
(M. Lavollée, ingénieur en chef.)

Service de la navigation de la Seine, 3e section.
(M. Joly, ingénieur en chef.)

Service de la navigation de la Vendée.
(M. Salle, ingénieur en chef.)

I. — École des Ponts et Chaussées.

1° *Barrage éclusé de Port-Villez (Seine-et-Oise), sur la Seine.*

(Modèle à l'échelle de 1/10, représentant une partie de la passe navigable et une partie du déversoir avec pile intermédiaire.)

Le barrage éclusé de Port-Villez se compose de deux écluses accolées, de deux passes navigables d'un débouché total de 119m,75 et d'une passe déversoir de 81m,50 d'ouverture.

La chute du barrage est de 2m,33.

Le système de fermeture consiste dans des fermettes s'abattant sur le tablier et

supportant, quand elles sont relevées, des rideaux articulés, imaginés par M. Caméré, ingénieur des ponts et chaussées. Les fermettes ont $5^{m},50$ de hauteur dans les passes navigables et $2^{m},80$ dans la passe déversoir.

On règle le niveau de la retenue en enroulant ou déroulant plus ou moins un certain nombre de rideaux. Les fermettes supportent un pont de service mobile sur lequel se meut le treuil de manœuvre des rideaux. L'abatage et le relevage des fermettes s'opère au moyen de barres articulées en fer plat qui s'appliquent l'une sur l'autre quand les fermettes sont couchées.

Lorsque le barrage est ouvert, les rideaux et les organes du pont de service sont remisés sur la rive et les fermettes sont couchées sur le radier, comprenant entre elles les barres de relèvement.

L'ouverture complète du barrage s'effectue en vingt-deux heures.

2° *Barrage de Poses (Eure) sur la Seine.*

(Modèle à l'échelle de 1/10)

Le barrage de Poses est constitué dans un système tout différent de celui des barrages mobiles ordinaires. Le vannage de fermeture, au lieu de s'appuyer sur des fermettes qui s'abattent sur le radier, est appliqué contre des cadres métalliques qui se relèvent sous un pont supérieur.

Ce pont, constitué par deux poutres métalliques à treillis supportant un tablier, repose sur les piles de séparation des passes; il est établi assez haut pour laisser, au-dessous des cadres relevés, un écoulement facile aux eaux de crue dans les passes déversoirs, et une hauteur libre suffisante pour le passage des bateaux dans les passes navigables.

Au tablier du pont sont suspendus, par une articulation, les cadres servant de support au vannage et formés de montants entretoisés, dont les extrémités inférieures viennent buter, par la face aval, contre des bornes isolées scellées dans le radier, et dont les extrémités supérieures s'appuient sur des consoles installées au-dessous des pièces de pont du tablier.

Le vannage est constitué, au droit de chaque cadre, par un rideau articulé appliqué sur les montants du cadre et dont les lames horizontales ont une longueur supérieure à la largeur du cadre d'une quantité suffisante pour fermer, de chaque côté, la moitié de l'espace compris entre les deux cadres voisins. Le treuil servant à la manœuvre des rideaux circule sur une passerelle de service située à l'aval des montants des cadres et supportés par eux; cette passerelle est formée de tronçons correspondant à chaque cadre et reliés à ceux-ci par une articulation située à un mètre au-dessus de la retenue.

Sur un deuxième pont, situé en amont de celui qui supporte les cadres, est établi un tablier sur lequel circule un treuil dont les chaînes peuvent être accrochées successivement à chaque cadre, pour le relever horizontalement sous le tablier ou le remettre debout.

Pour parer au cas où il serait impossible de relever les montants vers l'amont, leurs articulations sont placées dans des glissières verticales permettant de les relever d'une hauteur suffisante pour que leur pied échappe des heurtoirs. Le cadre peut alors décrire un mouvement de rotation vers l'aval et être relevé de ce côté.

La Seine est divisée en deux bras au point où est établi le barrage de Poses. A

l'extrémité aval du bras de la dérivation et contre la rive gauche, on a construit un groupe de deux écluses nouvelles comportant un mouillage de 3m,20.

Pour compléter la fermeture du bras de rive droite, on a conservé entre l'ancienne écluse et les nouvelles, sur 17m,38 de largeur, une partie de l'ancien barrage du système Poirée, dont le seuil surélevé n'est qu'à 1m,76 au-dessous du niveau de la retenue.

Le bras de rive gauche, dit de Poses, est fermé par le grand barrage qui vient d'être décrit.

Ce barrage, qui a 235 mètres de longueur entre les culées, est divisé en sept passes, dont cinq profondes et deux surhaussées. Les seuils des passes navigables sont arasés à l'altitude de 3m,45, ceux des passes surélevées sont arasés à l'altitude de 5m,45.

La construction du barrage de Poses, commencée en 1880, a été terminée en 1885.

II. — Service de la navigation de la Loire, 2me section.

La navigation de la Loire à Nevers, en 1850.

(Tableau à l'huile)

Grâce au régime torrentiel de la Loire, la navigation sur ce fleuve a toujours été difficile; elle était même impossible, dans la partie du fleuve située en amont de Briare, pendant six à huit mois chaque année.

En général, la navigation n'avait lieu qu'à la descente; les bateaux construits légèrement dans les parties supérieures du fleuve, où les bois abondent, étaient déchirés à leur port d'arrivée et l'on vendait les planches qui en provenaient.

Le tonnage des bateaux était de 40 tonnes en amont de Digoin; de 63 à 85 tonnes à partir de Digoin. Entre Orléans et Nantes le tonnage était de 50 à 60 tonnes pour les barques à voiles, de 90 à 120 tonnes pour les bélandres, de 120 à 150 tonnes pour les bateaux à vapeur.

La navigation de la Loire n'a été délaissée que depuis l'établissement des canaux et des chemins de fer desservant la région qu'elle traverse.

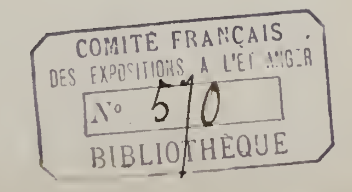
A l'époque où les communications par terre étaient difficiles, il fut établi des services réguliers de coches d'eau pour les voyageurs sur la Loire et sur l'Allier. Ils subsistèrent pendant une grande partie du dix-huitième siècle.

Le plus beau temps de la navigation de la Loire a été la première moitié du siècle dernier. De 1815 à 1820, la fréquentation était de 2076 bateaux entre Briare et Orléans, et de 4886 entre Orléans et Blois.

Les bateaux, nommés sapines, mesuraient de 70 à 80 pieds de long, sur 12 à 14 pieds de large, avec un tirant d'eau variant de 0m,18 à 0m,37 et pouvaient porter, suivant l'état des eaux, de 12 à 30 tonnes. Ces bateaux ne faisaient qu'un voyage et étaient déchirés à l'arrivée, on se servait aussi de chalands en chêne portant de 40 à 50 tonnes et faisant de nombreux voyages avant d'être déchirés.

La Loire reçut aussi des bateaux à vapeur; le premier service fut établi en 1823, entre Nantes et Angers, prolongé jusqu'à Tours, puis, en 1829, jusqu'à Orléans.

En 1844, le port d'Orléans recevait beaucoup de bateaux et la valeur des marchandises transportées par eux s'élevait à 12 ou 13 millions de francs. Ce fut l'apogée



de la navigation de la Loire, vingt ans après il ne restait plus rien de cette activité.

Le service des voyageurs fut tué par les chemins de fer plus promptement que celui des marchandises. Il y a vingt ans environ il subsistait encore un service entre Nantes et Angers, il a été abandonné comme les autres.

Il a paru intéressant à M. l'ingénieur en chef Mazoyer de faire figurer à l'Exposition rétrospective de la Classe 29 une représentation de la navigation de la Loire au moment de sa splendeur et il a été secondé, dans cette idée, par le pinceau exercé de M. Guérin, conducteur des ponts et chaussées, attaché à son service.

III. — Service de la navigation de la Marne entre Epernay et Charenton.

Plans comparatifs de la Marne et des canaux latéraux en 1800 *et* 1900.

(Echelle de 1/50 000.)

Le premier plan montre ce qu'était la rivière à l'état libre; la partie fréquentée, où s'exerçait une navigation rudimentaire, s'étendait seulement entre Meaux et Charenton.

Le second plan indique tous les ouvrages exécutés dans le siècle dernier sur la rivière et sur ses dépendances : canaux de Meaux à Chalifert, de Chelles, de Saint-Maur et de Saint-Maurice.

Le panneau exposé renfermait, entre les deux plans, une légende en facilitant la lecture et deux graphiques mettant en lumière les progrès réalisés.

Ces progrès se résument comme il suit :

I. — Mouillages réalisés.

En 1865..................	$1^m,60$;
De 1865 à 1890............	$2^m,00$;
Depuis 1890...............	$2^m,20$.

II. — Trafic en tonnes kilométriques.

En 1850..................	23 461 000	tonnes kilométriques,
1855..................	39 312 000	—
1860..................	31 388 000	—
1865..................	16 860 000	—
1870..................	16 082 000	—
1875..................	21 344 000	—
1880..................	25 656 000	—
1885..................	28 432 000	—
1890..................	36 274 000	—
1895..................	60 218 000	—
1898..................	84 691 000	—

III. — Tonnage effectif.

En 1882	432 000 tonnes,
1884	440 000 —
1886	501 000 —
1888	509 000 —
1890	554 000 —
1892	626 000 —
1894	712 000 —
1895	750 000 —
1896	771 000 —
1897	916 000 —
1898	1 023 000 —

IV. — Service de la navigation de la Meuse.

Meuse canalisée de la frontière à Verdun.

(Panneau de dessins indiquant les travaux exécutés pendant le XIXe siècle pour améliorer les conditions de la navigation de la rivière, avec des graphiques.)

1° *Navigation pendant la première partie du dix-neuvième siècle* (*jusqu'en* 1837).

La rivière de la Meuse a été utilisée par la navigation depuis les temps les plus reculés; pourtant, au commencement du dix-neuvième siècle, cette navigation ne s'exerçait d'une manière appréciable que sur la partie de la rivière comprise entre la frontière belge et Verdun, et encore dans cette partie le trafic était-il fort réduit, en raison des obstacles nombreux que rencontrait la navigation.

En 1837, la longueur de la rivière classée comme navigable, de la frontière belge à Verdun, était de 265 kilomètres, avec un tirant d'eau à l'étiage de $0^{m},50$, porté à $0^{m},77$ en eaux moyennes et à $1^{m},12$ au moment des hautes eaux navigables.

La navigation s'exerçait alors par trains de trois bateaux dont le tonnage total ne dépassait pas 250 tonnes en hautes eaux, 160 tonnes en eaux moyennes et 105 tonnes en basses eaux. La durée moyenne de la période de navigation était d'environ dix mois chaque année. Le prix du fret était de $0^{fr},065$ en moyenne par tonne kilométrique.

2° *Travaux d'amélioration prévus par la loi du* 17 *mai* 1837.

La loi du 17 mai 1837 autorisa l'exécution de travaux d'amélioration dans le département des Ardennes entre la frontière belge et Sedan, pour une somme totale de 7000000 de francs. Ces travaux avaient pour but de porter à 1 mètre le tirant d'eau existant sur les gués au moyen de chenaux artificiels et de dérivations éclusées avec barrages fixes en enrochements. En même temps, on établissait des levées et des chemins de halage à travers les noues et les basses rives et on exécutait des

coupures et deux souterrains destinés à éviter le parcours de certaines boucles de la rivière.

On parvint ainsi à obtenir, dès 1845, entre la frontière belge et Sedan, un mouillage de 1 mètre en basses eaux, dans des chenaux de 20 à 30 mètres de largeur.

L'influence de ces travaux se fit sentir immédiatement sur le développement du trafic, qui de 150000 tonnes qu'il était en 1837, passa à 410000 tonnes en 1847.

Mais en 1857, l'ouverture du chemin de fer de Givet à Charleville et à Sedan, parallèle à la voie navigable, réduisit beaucoup le trafic de la rivière qui n'était plus que de 200000 tonnes en 1865.

3° *Travaux en amont de Sedan, situation en* 1874.

Cependant le décret du 17 avril 1861 avait autorisé l'exécution de divers travaux d'amélioration entre Sedan et Verdun, comprenant notamment la construction d'une dérivation éclusée à Mousson et la création de chenaux, coupures, levées de halage et le remplacement des pertuis de navigation par des dérivations éclusées à Pouilly, Stenay, Dun-Vilosnes, Coursenvoyer et Charny.

A la suite de ces travaux, la rivière présentait un mouillage normal de $1^{m},20$ et les bateaux ardennais, de 100 à 150 tonnes, pouvaient remonter jusqu'à Verdun.

Malgré les perfectionnements réalisés, le fret s'élevait encore en 1873, à $0^{fr},05$ par tonne kilométrique ; ce prix était trop élevé et ne permettait pas à la batellerie de lutter contre les chemins de fer, aussi le trafic de la rivière dépassait-il à peine 100000 tonnes.

4° *Travaux prévus par les lois du* 24 *mars* 1874 *et du* 31 *juillet* 1879.

Après la guerre de 1870, la nécessité se fit impérieusement sentir de créer une grande voie navigable reliant la Moselle à la Saône, pour soustraire les usines françaises au monopole des houillères prussiennes. Le projet dressé dans ce but fut déclaré d'utilité publique par la loi du 24 mars 1874 et mis immédiatement à exécution. Ce projet assurait, sur toute l'étendue de la voie navigable, grâce à la création de barrages mobiles, un tirant d'eau minimum de 2 mètres.

Les diverses améliorations ainsi réalisées furent complétées par des travaux complémentaires, en vertu de la loi du 31 juillet 1879, dans le but d'élargir le chenal en rivière, de le placer à une distance fixe du chemin de halage et de porter à $2^{m},20$ le tirant d'eau.

L'exécution de l'ensemble de ces travaux rétablit l'activité qui avait disparu et elle permit à la voie navigable de lutter contre les voies ferrées parallèles ; aussi le tonnage de la frontière belge à Verdun, qui était de 375000 tonnes en 1881, passa à 1486483 tonnes en 1899.

En même temps, le prix du fret s'abaissait dans une proportion remarquable ; aujourd'hui ce prix n'est plus que de $0^{fr},015$ par tonne kilométrique.

5° *Répartition du trafic entre la voie navigable et la voie ferrée.*

Le tableau ci-dessous donne, pour l'année 1899, la répartition du trafic entre la

voie navigable et la voie ferrée parallèle, dans la traversée du département des Ardennes :

DÉSIGNATION DES MATIÈRES TRANSPORTÉES	TONNAGE des ports de la voie navigable	TONNAGE des gares de la voie ferrée	POURCENTAGE du trafic des ports par rapport à la voie ferrée
	Tonnes.	Tonnes.	
1° Combustibles minéraux	166 008	293 377	0,56
2° Matériaux de construction	211 823	203 721	1,04
3° Engrais et amendements	2 094	36 032	0,06
4° Bois à brûler et bois de service	48 664	61 790	0,79
5° Machines	»	9 247	»
6° { Minerais	17 674	5 656	3,13
6° { Fers et Fontes	59 614	510 581	0,11
7° Produits industriels	17	43 600	»
8° Produits agricoles	4 917	121 461	0,04
9° Divers	»	171 093	»
Totaux	510 811	1 456 558	0,35

V. — Service de la navigation de la Saône.

1° *Dessins du barrage éclusé de Couzon (grande Saône).*

2° *Dessins du barrage éclusé de Pouilly (petite Saône).*

(Dessins exposés dans des cadres.)

3° *Carte de la Saône au* 1/10 000 *et au* 1/40 000, *profil en long, atlas des ouvrages d'art.* (Déposés sur une tablette.)

La Saône est navigable à partir de Corre, point de jonction avec le canal de l'Est, sur 407 kilomètres de longueur.

Elle débite, en basses eaux, 10 mètres cubes par seconde à Port-sur-Saône, 16 mètres cubes par seconde à Saint-Jean-de-Losne et 35 mètres cubes à Chalon.

Le volume des crues s'élève à 600 mètres cubes à Port-sur-Saône, 900 mètres cubes à Saint-Jean-de-Losne et 2000 mètres cubes à Chalon.

Les pentes de l'étiage sont les suivantes :

Entre Corre et Gray, sur 124 kilomètres, $0^m,27$ par kilomètre;

Entre Gray et Verdun, sur 116 kilomètres, $0^m,14$ par kilomètre;

Entre Verdun et Saint-Bernard, sur 132 kilomètres, $0^m,14$ par kilomètre;

Entre Saint-Bernard et Lyon, sur 35 kilomètres, $0^m,20$ par kilomètre.

Au point de vue de la navigation, la Saône est divisée en trois sections distinctes :

1° La Saône supérieure, de Corre à Gray, dont la longueur est réduite à 99 kilomètres par les coupures et les dérivations ;

2° La petite Saône, de Gray à Verdun, dont la longueur est réduite à 108 kilomètres par les dérivations ;

3° La grande Saône, de Verdun à Lyon, d'une longueur de 167 kilomètres, sans coupure ni dérivation.

La grande Saône a été de tout temps navigable, à rivière libre, avec un mouillage

généralement supérieur à $1^m,60$, mais pouvant s'abaisser en basses eaux à $0^m,80$ et quelquefois moins.

Les travaux de canalisation ont été commencés en 1865 et terminés en 1879.

Sur la petite Saône, on avait entrepris d'établir la canalisation dès 1838, mais ce n'est qu'en 1873 que le mouillage de $1^m,60$ avait été obtenu partout. Les travaux ont été repris en 1877 pour assurer partout un mouillage de 2 mètres.

La Saône supérieure n'était effectivement navigable que sur une longueur de 34 kilomètres, entre Corre et Gray, qui avaient été canalisés en même temps que la petite Saône. La canalisation existante entre Corre et Gray a été entreprise en vertu de la loi de 1874, elle a été achevée en 1884.

Les dépenses faites pour l'ensemble des travaux s'élèvent à la somme de 20 500 000 francs.

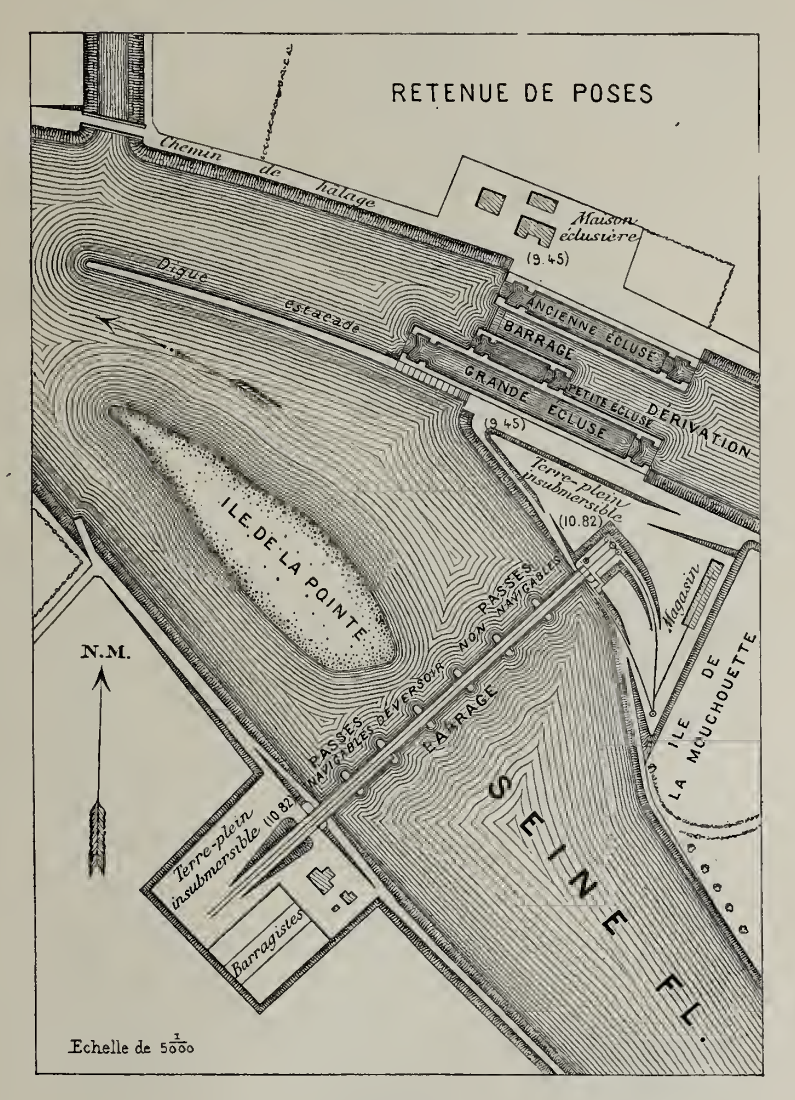
Les dispositions générales des ouvrages construits pour réaliser la canalisation de la Saône sont indiquées dans le tableau suivant :

INDICATION DES SECTIONS DE LA RIVIÈRE	Pente totale	ÉCLUSES.					BARRAGES.	
		Nombre	Chute	Longueur du sas	Largeur du sas	Mouillage	Nombre	DISPOSITIONS
	Mètres.		Mètres.	Mètres.	Mèt.	Mèt.		
SAÔNE SUPÉRIEURE, entre Corre et Gray.	33,80	15	1,00 à 3,60	38,50	5,20	2,00	15	8 barrages mobiles à aiguilles du système Poirée, de 30 mètres à 50 mètres de largeur, 2 pertuis à aiguilles. 5 barrages fixes (barrages d'usines).
PETITE SAÔNE, entre Gray et Verdun.	14,82	9	1,33 à 2,50	39,56 à 42,45	8,00	2,00	9	Barrages mobiles du système Poirée, de 50 à 224 mètres de largeur, 6 de ces barrages sont munis de pertuis de navigation, dont 5 de $12^m,50$ de largeur et un de 15 mètres (système Poirée).
GRANDE SAÔNE, entre Verdun et Lyon.	25,48	6	2,05 à 2,74	150,40 (*) 112,50	16,00 12,00	2,00 2,00	6	Barrages formés d'une passe navigable à hausses Chanoine de $49^m,21$ de largeur et d'un déversoir à fermettes Poirée, d'une largeur variant de 85 mètres à 167 mètres. (*) Les dimensions de $150^m,40$ et de 16 mètres s'appliquent à cinq barrages; celles de $112^m,50$ et de 12 mètres au barrage de l'île Barbe.

III. — NAVIGATION INTÉRIEURE

§ 1. — Fleuves et Rivières navigables.

Barrage de Poses, sur la Seine.

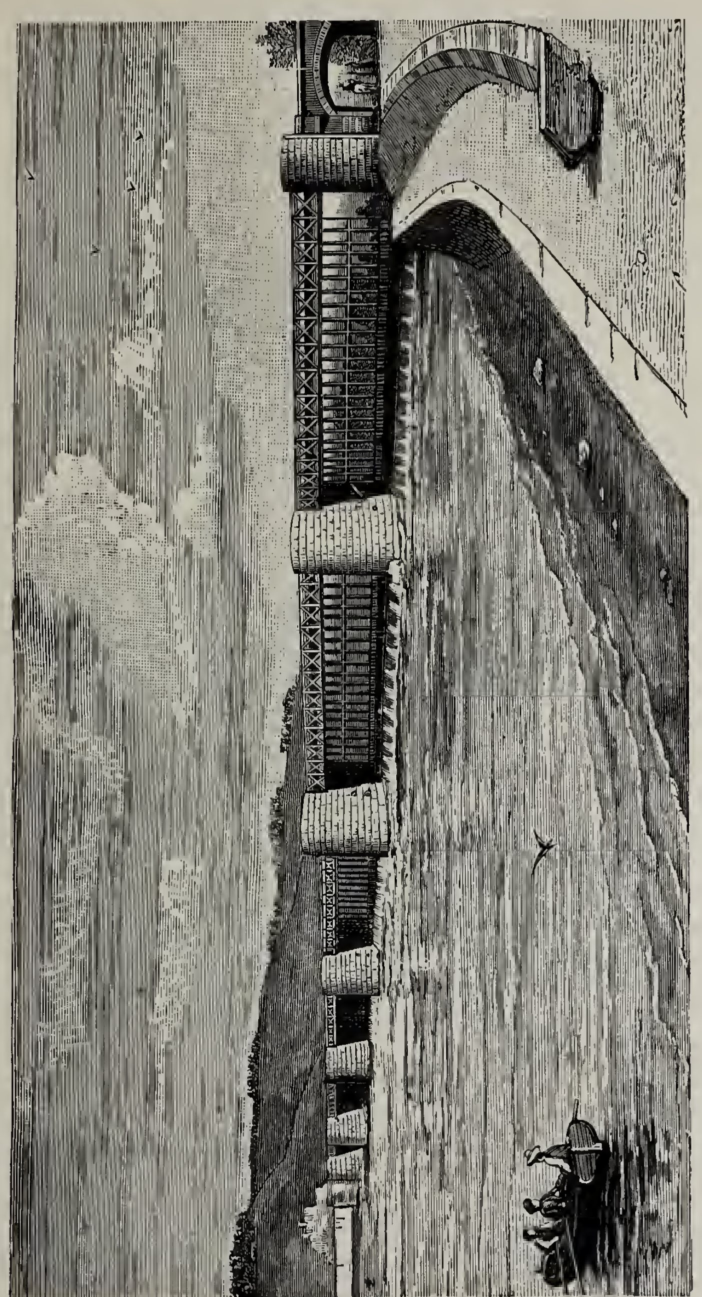


Plan général.

III. — NAVIGATION INTÉRIEURE

§ 1. Fleuves et Rivières navigables.

Barrage de Poses, sur la Seine.

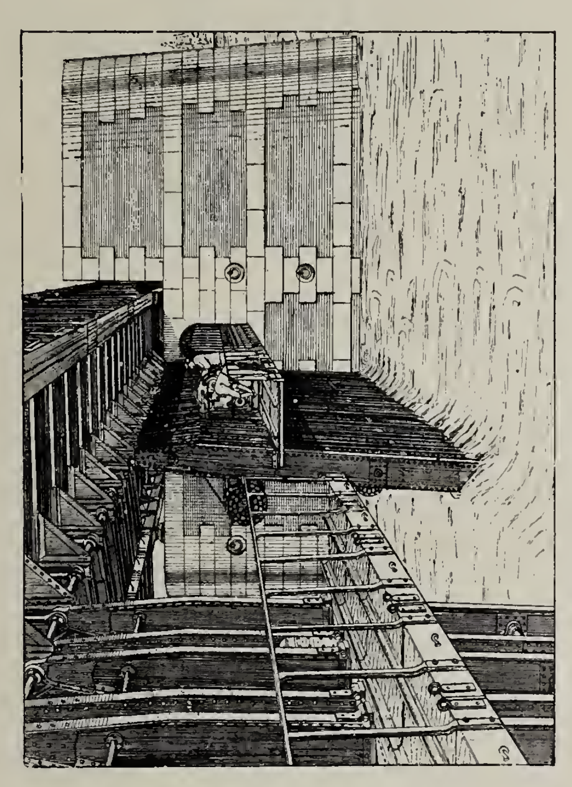


Vue d'ensemble du barrage (côté d'aval).

III. — NAVIGATION INTÉRIEURE

§ 1. — Fleuves et Rivières navigables.

Barrage de Poses, sur la Seine.

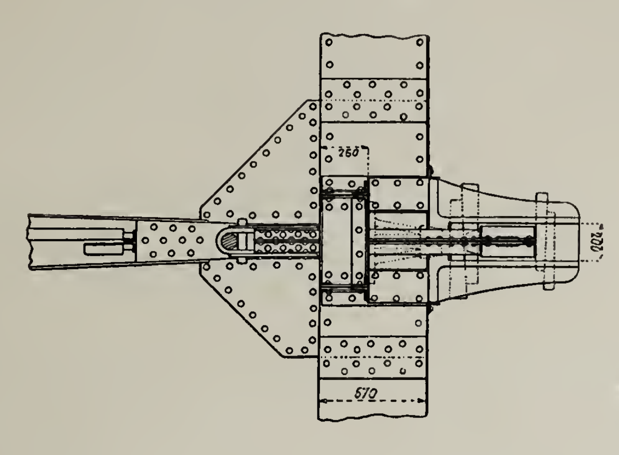


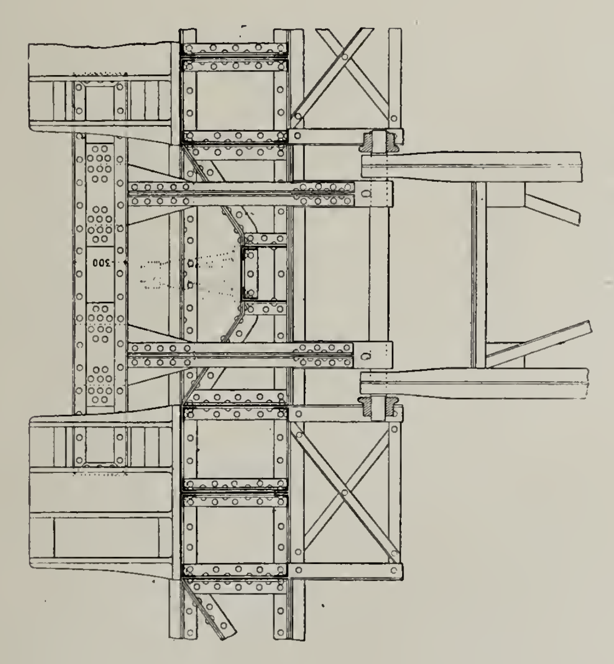
Vue d'aval. — Enroulement d'un rideau.

III. — NAVIGATION INTÉRIEURE

§ 1. — Fleuves et Rivières navigables.

Barrages éclusés de la Seine.





Suspension des cadres du barrage de Port-Mort.

Sur la grande Saône, quand la rivière est en crue, les passes navigables sont ouvertes et la navigation a lieu à rivière libre.

Sur la Saône supérieure et la petite Saône, la navigation n'intéresse guère que les biefs de la rivière faisant partie de sa canalisation et n'a lieu que très rarement en rivière libre.

Sur la grande Saône, on peut naviguer avec des crues de 4 mètres et plus au-dessus de l'étiage ; dès que les eaux s'abaissent aux environs de 2 mètres, on pourrait encore naviguer à rivière libre, mais les mariniers préfèrent qu'on relève les barrages.

En dehors des chômages normaux de la navigation que l'on tend à réduire, il n'y a de chômages par basses eaux qu'à l'époque des glaces qui obligent à ouvrir les barrages.

Sur la grande et la petite Saône, le remorquage est le principal mode de traction des bateaux en usage ; il s'applique à plus de la moitié des transports, le reste est halé par des chevaux ou par des hommes.

Les grands remorqueurs sont de la force d'une centaine de chevaux et peuvent conduire jusqu'à 7 à 8 bateaux à pleine charge et un nombre égal de bateaux vides.

Il n'y a qu'un petit nombre de bateaux à vapeur porteurs.

Le tableau suivant donne la comparaison du mouvement commercial de 1878, année qui a précédé la mise en service des barrages de la grande Saône et de l'année 1900.

DÉSIGNATION DES SECTIONS	TONNAGE EFFECTIF		TONNAGE MOYEN	
	1878	1900	1878	1900
	Tonnes.	Tonnes.	Tonnes.	Tonnes.
De Corre à Gray..................	12 125	501 624	1 762	328 957
De Gray à Saint-Jean-de-Losne......	308 643		92 251	
De Saint-Jean-de-Losne à Lyon.....	608 619	814 858	307 348	353 195

VI. — Service de la navigation de la Seine, 1re section, 1re division.

Carte de la Seine entre les confluents de l'Aube et de l'Yonne.

Cette carte, dressée à l'échelle de 1/50 000, donne les indications suivantes :

1° A la partie supérieure du cadre, l'état du fleuve en 1800 ;

2° A la partie inférieure du cadre, l'état du fleuve en 1900.

Elle permet de se rendre compte des progrès réalisés pendant le siècle dernier.

En 1800, cette section de la Seine, d'une longueur de 92 kilomètres, ne comportait qu'un seul ouvrage de retenue, le barrage des grands moulins de Nogent-sur-Seine, dont la chute était franchie au moyen d'une écluse établie en dérivation. Tout le reste du parcours du fleuve était à l'état naturel et la navigation y était difficile et précaire.

En 1900, les travaux d'amélioration entrepris pendant la seconde moitié du siècle dernier et qui viennent d'être terminés, assurent, dans cette partie de la Seine, un mouillage régulier et continu de 1^{m},60.

Les travaux exécutés comprennent six barrages en rivière et cinq dérivations éclusées, en comprenant celle de Nogent, d'une longueur ensemble de 35 kilomètres environ. La longueur totale de la voie navigable est réduite de 92 kilomètres à 68 kilomètres, par suite de l'établissement des dérivations.

L'exécution des travaux a donné lieu à une dépense de 11 500 000 francs, en nombre rond.

VII. — **Navigation de la Seine, 3me section.**

1° *Barrage éclusé de Port-Villez.*

(Six photographies.)

Les six photographies exposées permettent de se rendre un compte très exact des dispositions du barrage éclusé de Port-Villez qui a été décrit ci-dessus, à l'article consacré à l'exposition de l'Ecole des ponts et chaussées.

2° *Barrage éclusé de Poses.*

(Six photographies.)

Les six photographies exposées permettent de se rendre très exactement compte des dispositions du barrage de Poses qui a été décrit ci-dessus à l'article relatif à l'exposition de l'Ecole des ponts et chaussées.

VIII. — **Service de la navigation de la Vendée.**

Pont-canal du Gouffre.

(Dessins.)

Le pont-canal du Gouffre fait partie des travaux exécutés de 1654 à 1662 par la Société de Vix pour le dessèchement de ses marais; il donne passage aux eaux de la Vendée au-dessus du canal de Vix, principal évacuateur de ce dessèchement.

Le pont primitif comprenait un tablier formé de grandes dalles de pierre reposant sur deux culées et deux piles en maçonnerie de 0^{m},55 d'épaisseur. Les pertuis d'écoulement avaient chacun 1^{m},73 de largeur, sur 1 mètre de hauteur. Les dalles, de 0^{m},40 d'épaisseur, constituaient le fond du lit de la Vendée, à la traversée du canal de Vix.

Malheureusement la Société de Vix, dans le but de faire passer les eaux nuisibles de ses marais sous la Vendée, sans aucun siphonnement, préleva sur le lit de la rivière toute la hauteur nécessaire pour réaliser ce programme, de sorte que le fond de la cuvette donnant passage aux eaux de la Vendée se trouva en saillie de $1^{m},21$ sur le fond du lit de la rivière.

Cette disposition vicieuse compromettait l'avenir des marais mouillés de la Vendée en restreignant leurs facilités naturelles d'écoulement et elle créait, en outre, un obstacle à la navigation possible de la rivière de la Vendée.

Cent soixante-trois ans après la construction du pont-canal, les plaintes des intéressés furent assez vives pour que l'administration décidât l'abaissement du radier de l'ouvrage, non pas de $1^{m},21$, mais de $0^{m},35$ seulement. Pour ne pas diminuer le débouché du canal de Vix, jugé trop faible, on devait remplacer les dalles de pierre par des plaques de fonte à nervures, de $0^{m},05$ d'épaisseur, et les piles par des colonnettes en fonte de $0^{m},06$ de diamètre ; on ne devait rien changer, ni à l'altitude du radier, sur lequel coulaient les eaux du canal de Vix, ni à celle du dessous du tablier, sur lequel coulait la Vendée. L'ouvrage fut remanié en 1835 suivant ce programme.

Les dispositions nouvelles avaient pour effet de réduire de $1^{m},21$ à $0^{m},86$ la saillie du pont-canal sur le fond du lit de la Vendée et de porter de $5^{m},19$ à $6^{m},17$ la largeur totale des trois pertuis du canal de Vix.

La construction de l'écluse du Gouffre, terminée en 1848, vint modifier complètement les conditions de l'écoulement des eaux dans le siphon. Jusque-là le flux s'avançait assez haut dans les marais de la Vendée; l'écluse, en arrêtant, à marée haute, l'invasion des eaux tourbeuses de l'estuaire maritime, sans interrompre, à marée basse,l'évacuation des eaux douces surabondantes, détermina la transformation rapide, en terrains fertiles, des terrains vagues, roselières et bois-marais qui formaient les marais mouillés de la Vendée. Tout le pays se couvrit d'exploitations agricoles importantes desservies par bateaux à l'aide de fossés et la rivière de la Vendée devint la grande voie de communication reliant le marais à son débouché le plus important, le port de Marennes, sur la Sèvre-Niortaise.

Ce nouvel état de choses appelait de nouveaux travaux d'amélioration ; il ne suffisait plus d'écouler les eaux d'inondation après qu'elles s'étaient répandues sur les terrains, mais il importait d'éviter cet épanchement et, pour cela, d'évacuer avant l'arrivée de la vague de la crue, la plus grande quantité d'eau possible, pour que cette vague trouvât un débouché latéral suffisant dans les fossés et canaux des marais.

Ce résultat ne pouvait être obtenu qu'en dégageant d'abord le lit et en augmentant ensuite sa puissance d'écoulement par la suppression de l'obstacle formé en amont des vannages par la saillie de la bâche du pont-canal.

Des projets, dressés dans ce sens, furent approuvés par décision ministérielle du 27 décembre 1883; ils faisaient partie du projet d'ensemble des améliorations de la rivière de la Vendée, déclaré d'utilité publique par le décret du 15 décembre 1883.

Ce décret prescrivit d'abaisser le radier du pont-canal de $0^{m},41$ seulement, par la raison que cet abaissement suffisait pour rendre le tirant d'eau sur le pont-canal du Gouffre égal à celui du canal de Marans à La Rochelle, et qu'en approfondissant trop le canal de Vix sous le pont-canal on aurait couru le risque de compromettre la stabilité de la digue du contre-bot de Vix.

Les colonnettes en fonte du pont-canal de 1835, qui arrêtaient les herbes flottantes à l'époque du faucardement, ont été supprimées et la bâche est portée par des poutres métalliques de $0^m,166$ de hauteur, sans appui intermédiaire sur la largeur de $6^m,29$ comprise entre les deux culées actuelles. On a abaissé de $0^m,50$ le dessous de la bâche du pont-canal, mais en dérasant de $1^m,09$ le seuil que présentait le canal de Vix sous le pont, en sorte que la hauteur de la section d'écoulement du canal de Vix se trouve portée de $1^m,01$ à $1^m,60$ au milieu du pont et de $1^m,01$ à $1^m,47$ près des culées. Le fond du canal ainsi approfondi sous le pont a été raccordé avec la cuvette, en amont et en aval, par des plans en pente très douce de 200 mètres de longueur.

Les anciennes culées ont été démolies dans toute la partie qui supportait la bâche en fonte et aussi dans la partie située au-dessous des bajoyers, sur la hauteur nécessaire pour loger les sommiers de pierre de taille des poutres de rive. On a démoli également le radier maçonné du canal et, après l'approfondissement du lit, on a repris en sous-œuvre les fondations des culées.

Le tablier métallique se compose :

1° De deux poutres de rive en acier, placées sous les bajoyers et composées chacune de deux poutres et d'une demi-poutre à double T, de $0^m,468$ de hauteur et de $7^m,29$ de longueur;

2° De 30 poutres en acier, parallèles aux précédentes, espacées de $0^m,24$ d'axe en axe et ayant $0^m,166$ de hauteur et $7^m,09$ de longueur ;

3° D'une bâche formée de feuilles de tôles d'acier de $0^m,012$ d'épaisseur rivées à la partie inférieure des poutres.

---

§ 2. — Canaux.

Le réseau des canaux français présentait une longueur totale de 4851 kilomètres au commencement du siècle dernier. Quelques-uns de ces canaux remontaient à une époque fort ancienne, on en comptait une longueur de 156 kilomètres à la fin du seizième siècle. Le premier canal à point de partage a été construit en France au commencement du dix-septième siècle. Le canal de Briare, réunissant la Loire à la Seine, a été commencé sous le règne de Henri IV, il a été terminé sous le règne de Louis XIII en 1642.

Au commencement du dix-neuvième siècle, sous le Consulat et l'Empire, une très vive impulsion fut donnée à la construction des canaux. Les Anglais, maîtres de la mer, rendaient impossible toute navigation maritime régulière et l'Empereur dut avoir recours à la navigation intérieure pour les transports que réclamaient notre industrie et la préparation de l'entrée des armées en campagne. Les canaux de Saint-Quentin, de Bourgogne, du Rhône au Rhin, du Nivernais, d'Ille et Rance, du Blavet, de Nantes à Brest, de Marans à la Rochelle, de Condé à Mons, du Berry, des Salines de Dieuze, d'Arles à Bouc étaient entrepris ou continués. Le canal de l'Ourcq était commencé.

Au moment où finissait l'Empire, 1 200 kilomètres de canaux étaient livrés à la circulation et 1 900 kilomètres étaient en construction.

Sous la Restauration, les travaux qui n'avaient pas pu être terminés, ne tardèrent pas à être repris.

Une étude d'ensemble, effectuée en 1818, aboutit à un programme d'après lequel 2800 kilomètres de canaux devaient se terminer ; postérieurement le réseau des voies navigables, rivières comprises, devait se compléter pour atteindre une longueur totale de 10000 à 12000 kilomètres.

On mit immédiatement la main à l'œuvre pour la réalisation des parties les plus urgentes de ce programme et, à la fin de la Restauration, 2000 kilomètres de canaux étaient livrés à la circulation et 1800 kilomètres étaient entrepris.

Le réseau exécuté comprenait les canaux du Rhône au Rhin, de la Somme, de Manicamp, d'Aire à la Bassée, de la Deule, de la Dive, de Roubaix, de la Sambre, d'Arles à Bouc, du Centre, de Bretagne, du Nivernais, de Saint-Quentin, de Dunkerque à Furnes, auxquels il faut ajouter les canaux de l'Ourcq, de Saint-Denis et de Saint-Martin qui rattachaient la capitale, d'une façon intime, au réseau des voies navigables et lui apportaient l'eau qui lui manquait.

L'impulsion donnée, sous la Restauration, à l'exécution des travaux de navigation se maintint sous le règne de Louis-Philippe. La plupart des canaux commencés furent livrés à la circulation, de nouvelles lignes furent entreprises et le nombre des kilomètres exploités, qui était de 1990 en 1827, s'élevait à 4170 en 1847.

Le canal latéral à la Loire, le canal de l'Aisne à la Marne, le canal de la Sambre à l'Oise, les canaux latéraux à l'Aisne et à la Marne, enfin l'important canal de la Marne au Rhin furent livrés à la circulation sur la plus grande partie de leur parcours. On terminait en même temps les canaux du Rhône au Rhin, de Nantes à Brest, des Ardennes, d'Ille-et-Rance, du Nivernais et du Berry.

Sous le second Empire, l'activité des constructions publiques se tourna principalement du côté des chemins de fer jusqu'en 1860. Cependant les intérêts de la navigation intérieure ne furent pas délaissés et l'on procéda au rachat des canaux du Rhône au Rhin, de Bourgogne, de Bretagne, du Nivernais et du canal latéral à la Loire. Après 1860, le gouvernement racheta également les canaux de Roanne à Digoin, d'Orléans, du Loing et de Briare, de la Sensée et d'Aire à la Bassée.

Une somme de 76 millions fut consacrée aux canaux pendant le second Empire.

Après la guerre de 1870-1871, par suite de l'annexion de l'Alsace-Lorraine à l'Allemagne, il importait d'exécuter, dans le plus bref délai possible, des voies de communication parallèles à notre nouvelle frontière pour établir la continuité des voies de notre territoire sans emprunter les tronçons qui en avaient été détachés.

En ce qui concerne les voies d'eau, dès le 11 août 1872 et ensuite le 24 mars 1874, l'Assemblée nationale vota l'exécution d'une voie navigable parallèle à la frontière, suivant la Meuse canalisée, depuis la frontière de Belgique, jusqu'au canal de la Marne au Rhin, remontant la vallée de la Moselle et franchissant les monts Faucille pour rejoindre la Saône navigable à Port-sur-Saône et relier ainsi le réseau des voies du Nord à celui de l'Est et du Midi. Les départements intéressés firent l'avance des fonds nécessaires et les travaux, immédiatement attaqués, furent poussés avec une grande activité et terminés en 1882.

Deux ingénieurs très distingués se signalèrent particulièrement dans la préparation des projets et l'exécution des travaux de cette grande œuvre : Frécot et Varroy. Le premier resta à la tête des travaux jusqu'à la fin de sa carrière comme inspecteur général des ponts et chaussées de première classe, le second participa à leur réussite d'abord comme ingénieur et ensuite comme député et ministre des travaux publics.

L'exécution du programme de Freycinet comprit, en ce qui concerne les canaux, l'achèvement des canaux de l'Est, de l'Oise à l'Aisne, de la Marne à la Saône et de Montbéliard à la Haute-Saône.

La longueur totale des canaux livrés à la navigation, qui était de 4518 kilomètres en 1875, de 4750 kilomètres en 1879, dépassait 5000 kilomètres en 1900.

La construction d'un grand nombre de canaux, dont les tracés étaient soumis à de nombreuses sujétions et se développaient dans des régions accidentées, donna lieu à des difficultés sérieuses dont triomphèrent les ingénieurs des ponts et chaussées qui les établirent. Certains canaux exigèrent, à la traversée de grands cours d'eau, l'exécution de ponts-canaux qui constituent de très beaux ouvrages faisant le plus grand honneur à leurs constructeurs.

Nous nous bornerons à citer les noms des ingénieurs les plus anciens, qui devaient presque tous se trouver plus tard à la tête du corps des ponts et chaussées : Tarbé de Vauxclairs, Fèvre, Cordier, Brisson, Goury, Egault des Noës, Eustache, Bérigny, de Beaudre, Gayant, Brière de Mondétour, Vauvilliers, Vallée, Vigouroux, Brémontier, Jullien, Groy, Emmery, Lacordaire, Frissard, Bélanger, de Guillebon, Genyès, Mary, Berthaud-Ducreux, Beaudemoulin, Avril, Graëff, Payen.

OBJETS EXPOSÉS :

Les exposants pour les canaux sont au nombre de huit, savoir :

École des ponts et chaussées.
(M. l'inspecteur général Ricour, directeur ; M. l'inspecteur général de Dartein, inspecteur.)

Service du canal de Bourgogne.
(M. Galliot, ingénieur en chef.)

Service du canal du Centre.
(M. Fontaine, ingénieur en chef.)

Service du canal de l'Est, du canal de la Marne au Rhin et voies annexes.
(M. Thoux, ingénieur en chef.)

Service de la navigation de la Marne, du canal latéral à la Marne, du canal de l'Aisne à la Marne, du canal de l'Oise à l'Aisne, du canal latéral à l'Aisne et du canal des Ardennes.
(M. Bourguin, ingénieur en chef.)

Service des voies navigables dans le département du Nord et du Pas-de-Calais.
(M. Larivière, ingénieur en chef.)

Service des canaux d'Orléans, de Briare et du Loing.
(M. Lavollée, ingénieur en chef.)

Service du canal de Roanne à Digoin, du canal latéral à la Loire et du canal du Nivernais.
(M. Mazoyer, ingénieur en chef.)

I. — École des Ponts et Chaussées.

Bief de partage du canal de la Haute-Saône à Montbéliard.

(Plan en relief.)

Le canal de la Haute-Saône à Montbéliard relie le canal de la Marne au Rhin au canal de l'Est.

Sa longueur est de 83 kilomètres ; elle se décompose comme il suit :

Versant du Doubs, comportant 49^{m},28 de chute.	18 kilomètres.
Bief de partage.	10 »
Versant de la Saône, comportant 164^{m},48 de chute.	55 »

Les deux versants sont alimentés par le réservoir du Ban occupant une superficie de 186 hectares pouvant contenir un volume d'eau de 13 millions de mètres cubes.

Le bief de partage comprend deux tunnels : le souterrain de la Forêt, de 648 mètres de longueur, franchissant le faîte séparatif des vallées de la Savoureuse et de la Luzine, et le souterrain de Chérimont, de 1 330 mètres de longueur, donnant passage du bassin de la Luzine au bassin du Rahin.

Le bief comprend, en outre, un remblai important de 14 mètres de hauteur et de 100 mètres de longueur à la traversée de la Luzine.

II. — Service du canal de Bourgogne.

1° *Grand panneau représentant, à différentes époques, les écluses, l'alimentation des biefs, les ponts et les portes d'écluse.*

---

a) Écluses primitives (1775-1832).

Les anciennes écluses, commencées vers 1775 sur le versant de l'Yonne et quelques années plus tard sur le versant de la Saône, sont terminées en 1832.

Elles sont au nombre de 189, dont 76 sur le versant de la Saône et 113 sur le versant de l'Yonne. Ce nombre est toujours resté le même.

Deux de ces écluses, à sas double, ont été transformées en écluses à sas simple lors de leur allongement. Le dessin exposé se rapporte aux écluses n'ayant pas de pont à l'aval.

Les dimensions de ces écluses sont les suivantes :

Largeur du sas.	$5^m,20$;
Longueur utile du sas.	$30^m,40$;
Chute. . . . . environ.	$2^m,60$;
Longueur totale entre les murs en retour d'amont et d'aval.	46 mètres.

Cette longueur se décompose comme il suit :

Longueur utile de l'enclave d'aval au mur de chute. . . .	$30^m,40$;
Du mur de chute à la pointe des chardonnets d'amont. . .	$1^m,30$;
Enclave d'amont, de $0^m,40$ de profondeur.	$3^m,30$;
De l'enclave d'amont à la face du mur en retour. . . .	$1^m,95$;
Enclave d'aval, de $0^m,40$ de profondeur.	$3^m,30$;
De la pointe des chardonnets d'aval à la face du mur en retour.	$5^m,75$.
Total pareil. . . .	46^m, »

Saillie du busc sur le plafond de la chambre des portes. . .	$0^m,25$;
Flèche du busc.	$1^m,10$.

La tenue du plan d'eau des biefs est réglée à $1^m,62$ au-dessus du busc d'aval.

La revanche des bajoyers au-dessus du plan d'eau d'amont est de $0^m,63$.

La hauteur des bajoyers au-dessus du busc d'aval est de $4^m,85$; cette hauteur est portée à $5^m,05$ pour certaines écluses.

Pour faciliter l'entrée des bateaux, à l'amont et à l'aval, des musoirs en tour ronde de $1^m,20$ de rayon sont disposés à l'angle des bajoyers et des murs en retour.

Pour éviter les corrosions à l'aval des écluses, un radier en pente, de 20 mètres de longueur, part du niveau du busc et descend de $0^m,25$ à son extrémité d'aval. Les talus de chaque côté de ce radier sont perreyés sur une longueur de 30 mètres.

b) **Écluses nouvelles (allongées de 1879 à 1882).**

L'allongement des 189 écluses du canal de Bourgogne s'est effectué de 1879 à 1882, en vertu de la loi du 13 juin 1879.

Cet allongement s'est exécuté par l'amont afin de pouvoir appliquer certaines dispositions spéciales tendant à faciliter l'entrée des bateaux dans le sas et à diminuer la durée des éclusages.

Les dispositions anciennes sont conservées sans modification à la tête d'aval.

La longueur utile des écluses est portée de $30^m,40$ à $38^m,50$; la largeur de $5^m,20$ est conservée.

Pour faciliter l'entrée des bateaux descendants, deux pans coupés à 45 degrés, de $2^m,40$ de hauteur, sont installés à l'amont des bajoyers.

Le mur de chute est établi suivant un arc de cercle de $5^m,20$ de corde et de $0^m,70$ de flèche.

La distance entre la corde du mur de chute et la face des murs en retour est de 8 mètres.

Le plan d'eau des biefs a été relevé à différentes époques et porté finalement à 2 mètres au-dessus du busc d'aval des écluses.

La chute de $2^m,60$ est conservée et le plan d'eau du bief d'amont est à $4^m,60$ au-dessus du busc d'aval et à $2^m,25$ au-dessus du busc d'amont, implanté à $2^m,35$ au-dessus du premier.

Cette hauteur de $2^m,25$ représente le mouillage sur la crête du radier d'amont arasée au même niveau que le busc et le fond du bief.

Sous le busc est disposée une chambre de remplissage du sas, de 4 mètres de largeur, $2^m,90$ de profondeur suivant l'axe du sas et $1^m,60$ de hauteur sous clef. Elle sert à diminuer l'intensité du courant et les tourbillons qui pourraient inonder le bateau à écluser.

Cette chambre est mise en communication avec un puisard rectangulaire construit contre le bajoyer, du côté de la maison éclusière, au moyen d'un aqueduc de $2^m,50$ de longueur, ayant $1^m,30$ d'ouverture entre piédroits et 1 mètre de hauteur sous clef, normal au sas et partant du fond de la chambre.

Le puisard, dont l'axe longitudinal se trouve à $2^m,70$ du parement du bajoyer, est mis en communication, à sa partie supérieure, avec le bief d'amont, par une conduite circulaire de $1^m,20$ de diamètre, dont l'orifice de prise d'eau est placé à la partie inférieure du pan coupé du bajoyer. Le puisard est mis en communication, à la partie inférieure, avec le bief d'aval, par une conduite de décharge, de même section que la première, établie par côté parallèlement au bajoyer et dont l'orifice débouche dans la face du mur en retour.

Le puisard présente une section horizontale de $1^m,60$, dans le sens parallèle au bajoyer, et de $1^m,70$ dans le sens perpendiculaire. Cette dernière dimension passe à $1^m,90$, puis à $2^m,10$, à la partie supérieure, au moyen de retraites de $0^m,20$, pratiquées sur chacune des faces, au-dessous des ouvertures de prises d'eau et de décharge.

Des vannes circulaires en fonte, de $1^m,20$ de diamètre, commandent l'entrée de l'eau dans le puisard et sa sortie; elles sont fixées chacune sur une tige verticale en acier actionnée, de la plate-forme du bajoyer, par un train d'engrenages et une manivelle.

Le remplissage et la vidange du sas se font d'abord par les vannes et les opérations s'achèvent par le levage des ventelles des portes.

c) **Alimentation automatique des biefs, installés à diverses écluses à partir de 1890.**

Dans les biefs de faible longueur, dont la tenue est difficile à régler, on a installé des alimentateurs automatiques destinés à maintenir constant le plan d'eau des biefs qu'ils commandent.

Ces appareils, imaginés par M. Galliot, alors ingénieur ordinaire du 2e arrondissement du canal de Bourgogne, sont disposés de manière à fermer la communication entre les biefs d'amont et d'aval, tant que ces biefs sont à leur tenue réglementaire, et à ouvrir cette communication, soit quand le bief d'amont est trop plein, soit quand le bief d'aval ne l'est pas assez.

L'installation comprend une conduite en ciment de $0^m,50$ de diamètre intérieur et de 13 mètres de longueur, ayant son orifice de prise d'eau dans le parement du mur en retour du bief d'amont, à 1 mètre au-dessous du plan d'eau, et débouchant dans un aqueduc latéral, qui est en communication avec le bief d'aval, et une vanne de fermeture actionnée par un flotteur.

Le flotteur en zinc, de forme cylindrique, de $0^m,70$ de diamètre et de $0^m,45$ de hauteur, est logé dans un puisard maçonné, construit derrière le mur en retour d'aval et dont la section horizontale est formée d'un demi-cercle de $0^m,55$ de rayon et d'un rectangle de $1^m,10$ sur $0^m,60$.

Ce puisard communique avec le bief d'aval par un tuyau de $0^m,15$ de diamètre intérieur et de 9 mètres de longueur, qui part du fond du puisard et débouche dans l'aqueduc de décharge.

Le flotteur, dont les mouvements coïncident avec celui du plan d'eau du bief d'aval, agit, par l'intermédiaire de leviers, sur l'appareil de fermeture du tuyau qui fonctionne généralement sous une charge de $2^m,60$, correspondant à la chute de l'écluse.

Le tuyau d'alimentation, de $0^m,50$ de diamètre, se prolonge par un tuyau en fonte de $0^m,46$ de diamètre, en saillie de $0^m,275$ sur le parement du mur et muni d'un collet de fonte en retour d'équerre portant les boulons de scellement.

Une calotte en fonte bouche complètement l'orifice. Sur le corps du cylindre sont pratiquées deux échancrures de $0^m,75$ de longueur, l'une supérieure, l'autre inférieure, séparées par des parties pleines, de $0^m,14$ de largeur, qui soutiennent la calotte.

Ces échancrures servent au passage de l'eau envoyée dans le bief d'aval.

Le tuyau extérieur est enveloppé par une bague en fonte mobile, qui s'applique, à la base, sur un biseau conique obtenu sur le tour, et porte à son autre extrémité une saillie également tournée s'appuyant en même temps sur la calotte du tuyau ; de sorte que, lorsque la bague est en contact avec les parties tournées, le tuyau est complètement fermé.

Cette disposition permet à la bague de se mouvoir sans être soumise aux efforts produits par la poussée extérieure de l'eau.

Cette bague est maintenue en position par deux tiges en fer formant triangle, et traversées à leur partie supérieure par un axe horizontal, placé parallèlement au niveau de l'arête du couronnement et maintenu par des supports munis de coussinets en fonte.

Tout cet ensemble peut tourner autour de l'axe, sous l'action du déplacement du flotteur, et les efforts à vaincre ne consistent que dans les frottements des tourillons des organes de l'appareil.

d) **Ponts anciens construits à l'origine du canal.**

Ponts en pierre.

Le type courant des ponts isolés, construits avant 1832, comporte une voûte en arc de cercle de $7^m,20$ d'ouverture et $0^m,97$ de flèche.

L'ouverture de $7^m,20$ comprend deux banquettes de 1 mètre et une passe de $5^m,20$ de largeur. Pour certains ponts du versant de l'Yonne, cette dernière largeur est de $5^m,46$ pour une ouverture de $7^m,46$.

La hauteur des piédroits au-dessus des banquettes est de $1^m,98$ et la hauteur des banquettes au-dessus du plafond du canal de $2^m,25$; ce qui, avec le mouillage de $1^m,60$, donne $0^m,65$ pour la revanche de la banquette au-dessus du plan d'eau.

Les banquettes ont 8 mètres de longueur, dans leur partie droite sous le pont, et se retournent d'équerre suivant les parements des murs en retour, avec la même largeur de 1 mètre ; elles présentent un cercle de 1 mètre de rayon abattant l'angle vif du retour d'équerre.

Des tours rondes formées ainsi par les banquettes se détachent, en rampe, des sen-

tiers de halage, de 25 mètres de longueur et 1 mètre de largeur, se raccordant avec les chemins de halage.

La surface gauche de la cuvette formant les talus est perreyée sur 14 mètres de longueur en amont et en aval des tours rondes.

La voie charretière du pont, en rampe de chaque côté de l'axe transversal, est comprise entre deux parapets de $0^m,45$ de largeur contre lesquels sont disposés trois chasse-roues de chaque côté. La largeur libre entre les parapets est de $7^m,10$.

Ponts en bois.

Les dispositions de ces ponts, en ce qui concerne la voie d'eau, sont les mêmes que celles des ponts en pierre.

Le tablier est formé de poutres de $0^m,32$ de hauteur, sur $0^m,28$ de largeur, laissant entre elles un intervalle de $0^m,813$.

Les poutres sont profilées suivant la pente existant de chaque côté du pont ; elles reposent sur des sous-poutres de même équarrissage, ayant 1 mètre de saillie sur les culées et boulonnées aux poutres à leurs extrémités. Sur les poutres et normalement à leur direction sont posés des sommiers en chêne, de $0^m,08$ d'épaisseur, faisant saillie sur les poutres de rive pour supporter des garde-corps en bois.

Ces sommiers supportent un platelage de $0^m,05$ d'épaisseur régnant seulement sur la largeur de la voie charretière.

e) **Ponts nouveaux avec tablier métallique.**

(Type des ponts exhaussés en 1892.)

L'exhaussement des ponts s'est effectué de manière à obtenir, pour le tirant d'air suivant l'axe de l'ouvrage, une hauteur de $3^m,77$ au-dessus du plan d'eau réglé à 2 mètres en contre-haut du busc aval des écluses.

Le tablier métallique, de $9^m,80$ de portée et de $0^m,10$ de flèche au milieu du pont, laisse une hauteur de $3^m,67$ au-dessus du plan d'eau, à l'aplomb des appuis, soit $3^m,17$ au-dessus des banquettes de halage présentant une revanche de $0^m,50$.

La partie supérieure de la culée, du côté du halage, a été démolie pour créer sous le tablier un passage pour chevaux ayant 2 mètres de largeur, la partie inférieure de cette même culée a été rescindée pour élargir la passe et lui donner $6^m,45$ au fond du bief.

La largeur de la banquette du contre-halage a été portée à $1^m,10$, au moyen d'une saillie de $0^m,10$ du nouveau couronnement sur le parement. Le couronnement de la banquette de halage est placé sur un encorbellement de $0^m,25$; la largeur de la passe entre les couronnements est ainsi réduite à $6^m,10$. La profondeur de cette passe, qui était de $2^m,20$, a été augmentée de $0^m,60$ au milieu.

Pour faciliter l'entrée de la passe, les parements des banquettes ont été prolongés suivant des arcs de cercle de grand rayon, qui se raccordent à $4^m,80$ en amont et en aval du pont, avec les arêtes intérieures des chemins de halage et de contre-halage.

Le tablier métallique se compose de deux poutres de rive de $0^m,51$ de hauteur et

de deux poutres intermédiaires de $0^m,38$ de hauteur, reliées entre elles par des entretoises.

Dans les intervalles des poutres, et parallèlement à leur direction, sont placés des fers à T de $0^m,115$ sur $0^m,070$ avec $0^m,010$ d'épaisseur, reliant entre elles les entretoises.

Les poutres de rive portent des consoles formant encorbellement de $0^m,50$ et supportant une partie du trottoir et le garde-corps en fer.

L'ensemble des poutres et des entretoises est recouvert de tôles embouties, revêtues d'un enduit en asphalte de $0^m,01$ d'épaisseur, au-dessus duquel sont pilonnées des scories supportant la chaussée.

f) Pont avec tablier métallique d'épaisseur réduite.

(Pont de Saint-Vinnemer, construit en 1892.)

Le pont a $9^m,80$ d'ouverture, avec une largeur de $4^m,70$ de voie charretière et de $1^m,40$ pour les deux trottoirs de $0^m,70$.

La voie charretière est portée par 7 poutres intermédiaires de $0^m,26$ de hauteur et $0^m,25$ de largeur de semelle, cette largeur étant portée à $0^m,254$ pour les poutres du milieu. Les trottoirs sont supportés par des poutres de rive de $0^m,46$ de hauteur.

La solidarité entre les poutres intermédiaires et les poutres de rive est augmentée par trois poutres normales aux premières, dont l'une est placée au milieu du tablier et les deux autres à une distance de 3 mètres de chaque côté.

Ces trois poutres sont formées de tronçons de fer à I de même hauteur que les poutres intermédiaires et dont les extrémités, découpées suivant le profil intérieur de ces poutres, sont fixées à ces dernières par des cornières de $0^m,160$ sur $0^m,110$, avec $0^m,012$ d'épaisseur.

Pour augmenter la rigidité du système, des semelles, de $0^m,150$ de largeur et $0^m,010$ d'épaisseur, sont rivées sur les tronçons de fer à I et les semelles des poutres. La semelle inférieure, qui s'étend sur toute la largeur du tablier, embrasse les ailes des poutres de rive et des poutres intermédiaires. La semelle supérieure se termine aux âmes des poutres de rive auxquelles elle est reliée par des goussets.

Entre les ailes des poutres intermédiaires et sur la longueur qui sépare les ailes des trois poutres transversales, sont placées deux longrines de $0^m,246$ de largeur et de $0^m,160$ de hauteur sur lesquelles est fixé un platelage en aloès.

Les deux longrines sont assemblées à un fer à I, de $0^m,160$ sur $0^m,0525$ et $0^m,0065$ d'épaisseur qui les sépare et sur lequel elles sont serrées par des boulons traversant le système et placés à $0^m,75$ de distance les uns des autres.

g) Portes d'écluses anciennes en bois.

(Type adopté de 1826 à 1880).

Porte d'aval.

L'ossature de chaque vantail comprend les poteaux tourillon et busqué et six entretoises horizontales, avec un bracon incliné s'appuyant sur la partie inférieure

du poteau tourillon, au-dessus de l'entretoise inférieure, et aboutissant sous l'entretoise supérieure à 0^m,10 du poteau busqué. L'entretoise supérieure se prolonge, par-dessus le poteau tourillon, sur une longueur de 3^m,30, et forme un balancier sur lequel l'éclusier exerce l'effort nécessaire pour l'ouverture et la fermeture des vantaux.

Pour une hauteur d'eau ordinaire de 4^m,60 du bief d'amont au-dessus du busc d'aval et une hauteur de bajoyer de 5^m,05 au-dessus du même busc, les dimensions des pièces du vantail sont les suivantes :

Hauteur du poteau busqué	6^m,55;
Hauteur du poteau tourillon	6^m, »
Distance entre le dessous de l'entretoise inférieure et le dessus de l'entretoise supérieure	6^m,22;
Largeur du vantail, pour un sas de 5^m,20 de largeur et un busc de 1^m,10 de flèche	3^m,243.

L'équarrissage des pièces, suivant le plus petit parallélipipède circonscrit, est indiqué ci-après :

Poteaux tourillon et busqué, entretoise supérieure. . .	0^m,32 sur 0^m,30;
Partie de l'entretoise supérieure formant balancier . .	0^m,45 sur 0^m,30;
Entretoise inférieure	0^m,30 sur 0^m,30;
5e entretoise, sur laquelle est fixé le haut du bordage. .	0^m,28 sur 0^m,30;
2°, 3e et 4e entretoises	0^m,26 sur 0^m,24.

Quatre potelets verticaux, de 0^m,20 sur 0^m,20 d'équarrissage, sont disposés entre les deux entretoises inférieures, pour le logement de la ventelle; un potelet de même équarrissage est placé entre les deux entretoises supérieures.

Le vantail est consolidé par sept équerres en fonte, de 0^m,30 de côté, boulonnées aux pièces principales et par une tige de serrage. Les madriers du bordage, de 0^m,25 de largeur sur 0^m,06 d'épaisseur, sont posés suivant l'inclinaison du bracon.

La vanne et ses glissières en bois, munies de ferrures, sont posées en saillie sur la face amont du bordage. L'ouverture de la vanne a 0^m,75 de hauteur sur 0^m,80 de largeur. La boîte rectangulaire du cric est fixée sur la face amont de l'entretoise supérieure.

Une passerelle de manœuvre, formée de deux plateaux en bois de 0^m,53 de largeur, est supportée par des tiges horizontales en fer, fixées à l'amont du vantail.

La crapaudine est en fonte.

h) **Portes d'écluses anciennes en fer malléable et en fonte.**

(Type adopté de 1840 à 1846.)

Porte d'aval.

Ce type n'a été employé que sur le versant de l'Yonne.

Chaque vantail comprend les pièces suivantes :

1° Un poteau tourillon en fonte;
2° Un poteau busqué en chêne;

3° Un châssis inférieur en fer, à trois compartiments, compris entre les deux entretoises inférieures, distantes de 0^{m},72 d'axe en axe ;
4° Un châssis supérieur, semblable au précédent, compris entre les deux entretoises supérieures ;
5° Six entretoises intermédiaires, en dehors de celles formant les châssis ;
6° Un bordage en tôle fixé sur les neuf entretoises inférieures ;
7° Une ventelle avec son cric ;
8° Un garde-corps.

La distance entre les entretoises varie de 0^{m},44 à 0^{m},56 à partir du bas.

Le poteau tourillon en fonte est creux, sa section est formée d'un cercle de 0^{m},260 de diamètre extérieur, d'un rectangle de 0^{m},260 sur 0^{m},145, et d'une nervure à l'aval servant de butée aux entretoises. Des évidements de 0^{m},120 de hauteur sur 0^{m},08 de largeur sont pratiqués sur les faces d'amont et d'aval. Le poteau est surmonté, à sa partie supérieure, par un cylindre de 0^{m},16 de diamètre, ne dépassant que de 0^{m},12 le dessus du couronnement et embrassé par le collier.

Le poteau busqué a 5^{m},30 de hauteur et dépasse le plan d'eau d'amont de 0^{m},93 son équarrissage est de 0^{m},25 sur 0^{m},20.

Les entretoises, en fer malléable, sont formées d'une bande horizontale de 0^{m},020 d'épaisseur, découpée suivant deux arcs de cercle ayant 0^{m},060 de flèche au milieu et distants de 0^{m},185 près du poteau tourillon et de 0^{m},085 contre le poteau busqué, et d'une bande de 0^{m},015 d'épaisseur et de 0^{m},14 de largeur, placée sur champ et fixée en son milieu à la bande horizontale. Les extrémités de la bande verticale sont élargies en haut et en bas et retournées d'équerre sur les extrémités de la bande horizontale à laquelle elles sont reliées par quatre équerres de 0^{m},160, boulonnées sur les poteaux tourillon et busqué.

Au-dessous de l'entretoise inférieure est fixée une pièce en chêne, de 0^{m},16 de hauteur, terminant le bas du vantail, reliant les poteaux tourillon et busqué et venant battre contre le busc.

La ventelle occupe le compartiment inférieur voisin du poteau busqué et découvre une section utile de 0^{m},58 de hauteur sur 0^{m},72 de largeur.

i) **Portes anciennes en bois avec bordage en tôle.**

(Type adopté de 1859 à 1862).

Porte d'aval.

Ce type, plus employé que le précédent, se rapproche, à part le bordage, du type de la porte en bois.

Le nombre des entretoises, y compris l'entretoise supérieure formant balancier, est de 10.

Le bracon prend naissance au-dessus de la 3e entretoise, contre le poteau tourillon, et aboutit, à 0^{m},26 du poteau busqué, au-dessous de la 9e entretoise placée au niveau du plan d'eau, sur lequel elle forme une revanche de 0^{m},20.

Les hauteurs des diverses entretoises, sont les suivantes :

1re entretoise, entretoise inférieure, et 9e entretoise. . . . $0^{m},30$;
10e entretoise, entretoise supérieure, formant balancier . . $0^{m},33$;
2e entretoise . . . . $0^{m},16$;
3e entretoise . . . . $0^{m},20$;
4e, 5e, 6e, 7e et 8e entretoises . . . . $0^{m},12$;

Les écartements entre les entretoises sont les suivants :

Entre l'entretoise inférieure et la 2e. . . . . $0^{m},30$;
Entre la 2e et la 3e entretoise . . . . $0^{m},29$;
Entre la 3e et la 4e, la 4e et la 5e, la 5e et la 6e. . . . . . . $0^{m},39$;
Entre la 6e et la 7e, la 7e et la 8e, la 8e et la 9e . . . . . $0^{m},40$;
Entre la 9e et l'entretoise supérieure. . . . . $1^{m},28$.

L'espace inférieur de $0^{m},30$ est divisé en deux compartiments par un potelet de $0^{m},20$ de largeur et de l'épaisseur du vantail, $0^{m},30$; deux autres potelets semblables placés, l'un contre le poteau busqué, l'autre contre le poteau tourillon, réduisent les deux compartiments, où sont placées les ventelles, à $0^{m},980$ de largeur. La section d'écoulement est ainsi de $0^{m},98$ sur $0^{m},30$ pour chacune des ventelles.

Trois potelets semblables sont disposés, au-dessus des premiers, entre les 2e et 3e entretoises.

Le bordage métallique, divisé en trois bandes verticales raccordées entre elles, s'étend de la base de la 2e entretoise à la 9e, placée à la hauteur du plan d'eau d'amont.

k) **Portes d'écluse nouvelles en fer.**

(Type adopté depuis 1884).

Porte d'aval.

Le vantail est composé d'un cadre, de $4^{m},93$ de hauteur, divisé en deux compartiments par un montant vertical intermédiaire et de sept entretoises; sur ce cadre est fixé un bordage en feuilles de tôle de $0^{m},006$ d'épaisseur.

Les dimensions des entretoises et leur distance d'axe en axe sont les suivantes :

DÉSIGNATION DES ENTRETOISES	DIMENSIONS DES ENTRETOISES			DISTANCE des entretoises d'axe en axe	OBSERVATIONS
	LARGEUR	HAUTEUR	ÉPAISSEUR		
	Mètres.	Mètres.	Mètres.	Mètres.	
1re entretoise, du busc.	0,220	0,100	0,010	0,590	L'axe de l'entretoise inférieure se trouve à $0^{m},07$ au-dessus de la face supérieure du busc et celui de l'entretoise supérieure à $0^{m},15$ au-dessus du plan d'eau d'amont.
2e entretoise..........	0,220	0,100	0,010	0,600	
3e entretoise..........	0,220	0,110	0,0075	0,620	
4e entretoise..........	0,220	0,110	0,0075	0,700	
5e entretoise..........	0,220	0,110	0,0075	0,900	
6e entretoise..........	0,220	0,110	0,0075	1,400	
7e entretoise..........	0,220	0,100	0,010		

Le montant vertical est interrompu à la rencontre des entretoises, il est formé de cinq tronçons de fer à I reliés aux entretoises.

La largeur du sas étant de $5^m,20$ et la flèche du busc de $1^m,10$, il en résulte les dimensions suivantes, d'axe en axe, pour la largeur d'un vantail :

Distance entre les poteaux tourillon et busqué . . . . $2^m,891$;
Distance entre le poteau tourillon et le montant vertical. $1^m,451$;
Distance entre le montant et e poteau busqué. . . . . $1^m,440$.

Ces trois pièces sont des fers à I ayant les dimensions suivantes :

Pour les poteaux busqué et tourillon : $0^m,220$ sur $0^m,100$ avec $0^m,010$ d'épaisseur;
Pour le montant intermédiaire : $0^m,220$ sur $0^m,110$ avec $0^m,0075$ d'épaisseur;

Ces pièces sont assemblées aux entretoises par des cornières de $\dfrac{0^m,150 - 0^m,150}{0^m,015}$ et $0^m,170$ de longueur.

Au droit de la crapaudine, des plaques de friction et du tourillon, les équerres sont plus résistantes et consistent en fers plats coudés de $0^m,020$ d'épaisseur et de $0^m,160$ de largeur avec des ailes, de longueur variable, boulonnées sur les pièces de rotation fixées au poteau tourillon.

Pour renforcer la rigidité des assemblages et le contreventement des vantaux, trois larges fers plats verticaux de $0^m,008$ d'épaisseur sont rivés sur les poteaux tourillon et busqué et sur le montant vertical; ils ont $0^m,250$ de largeur pour les poteaux tourillon et busqué et $0^m,260$ pour le montant vertical.

Le fer plat rivé au poteau busqué est découpé à sa base de manière à ménager la section d'écoulement de la ventelle.

Pour réduire la largeur du compartiment à $1^m,260$, on a disposé, contre le montant vertical, un fer à C de $0^m,220$ sur $0^m,070$, avec une épaisseur de $0^m,010$.

Chaque vantail est muni d'une passerelle en tôle striée de $0^m,008$ d'épaisseur et d'une largeur de $0^m,84$, se réduisant à $0^m,60$ à partir du garde-corps placé à l'aplomb de la face amont du vantail.

Les fourrures sont en chêne et ont les dimensions suivantes :

Pour le poteau tourillon, $0^m,120$ de largeur sur $0^m,072$ d'épaisseur;
Pour l'entretoise du busc, $0^m,120$ de largeur sur $0^m,080$ d'épaisseur;
Pour le poteau busqué, $0^m,220$ de largeur sur une épaisseur variable suivant la largeur des écluses et voisine de $0^m,172$.

Les fourrures des poteaux busqués portent à leur partie supérieure une plaque de fonte en forme de gueule de loup pour assurer un bon buscage.

Le cadre en fonte des ventelles est formé d'une seule pièce de $0^m,070$ de largeur fixée sur le vantail au moyen de petits boulons.

L'encadrement laisse une ouverture libre de $1^m,21$ sur $0^m,44$. Les deux montants verticaux de l'encadrement portent, sur leur face intérieure, quatre galets de roulement en acier destinés à faciliter la manœuvre de la ventelle.

La ventelle est formée d'une plaque de fonte de $1^m,270$ sur $0^m,500$ avec $0^m,015$ d'épaisseur, de forme emboutie sauf sur le pourtour qui est plan; elle comporte, ainsi que son cadre, des plans de contact légèrement inclinés sur la verticale qui ne coïncident que lorsque la ventelle arrive à fond de course.

Les organes de rotation rentrent dans les types usuels, les dispositions relatives à la manœuvre des vantaux méritent seules d'être mentionnées.

L'appareil se compose d'un levier du premier genre dont l'axe de rotation est fixé sur une pierre de taille posée au niveau de la plate-forme de l'écluse, à proximité de la passerelle de service. Le bras sur lequel s'exerce la puissance se relève, par une double courbure, à $0^m,95$ du sol à portée de la main, il a $1^m,80$ de longueur en projection horizontale.

L'extrémité du bras sur lequel agit la résistance décrit une demi-circonférence presque complète de $0^m,81$ de rayon, dans un plan parallèle à la plate-forme et à $0^m,05$ au-dessus d'elle.

Ce levier est relié à la passerelle du vantail par une tige de $2^m,60$ de longueur qui actionne ce vantail.

2° *Dessins renfermés dans un album placé sur une tablette et relatifs aux ponts et aux portes d'écluse.*

l) **Ponts métalliques avec voûtes en briques.**

(Type des ponts reconstruits à partir de 1866.)

Le dessin exposé concerne un pont à une voie de $7^m,20$ de portée.

Le tablier est formé de deux poutres de rive de $0^m,50$ de hauteur, espacées de $3^m,40$ et reliées par des entretoises de $0^m,220$ de hauteur sur $0^m,110$ de largeur avec $0^m,010$ d'épaisseur, espacées de $0^m,962$ d'axe en axe.

Le garde-corps, en saillie de $0^m,40$ sur la poutre de rive, et une partie du trottoir formé par une dalle de $0^m,08$ d'épaisseur sont supportés par des consoles en fonte boulonnées sur les poutres de rive.

Les bordures de trottoir, posées intérieurement à $0^m,14$ de distance des ailes des poutres de rive, et les contre-bordures reposent sur des voûtes en briques construites entre les entretoises.

Ces voûtes, qui ont $0^m,12$ de flèche pour une portée de $0^m,952$ entre les ailes des entretoises, ont une épaisseur de $0^m,11$ et sont recouvertes d'un enduit en ciment de $0^m,025$ d'épaisseur.

Afin de préserver les entretoises contre les eaux d'infiltration, une chape recouvre la partie supérieure des fers et descend, de chaque côté, suivant un plan incliné conduisant les eaux à des tuyaux d'égouttement disposés à une distance suffisante de chaque côté des entretoises.

---

m) Ponts nouveaux.

(Type courant des ponts exhaussés en 1892.)

Détails du pont dont la description est donnée ci-dessus (e).

Les dimensions principales des diverses pièces sont données dans le tableau suivant :

INDICATION DES PIÈCES		DIMENSIONS DES PIÈCES			OBSERVATIONS
		HAUTEUR	LARGEUR	ÉPAISSEUR	
		Mètres.	Mètres.	Mètres.	
Poutres de rive.	Ame	0,470	»	0,010	La table supérieure supporte les tôles embouties du trottoir.
	Cornières	0,080	0,080	0,010	
	Tables au nombre de 3.	»	0,200	0,010	
	Table supérieure	»	0,260	0,010	
Poutres intermédiaires.	Ame	0,300	»	0010	La table supérieure supporte les tôles embouties.
	Cornières	0,140	0,160	0,013	
	Tables au nombre de 7.	»	0,330	0,010	
	Table supérieure	»	0,450	0,010	
Entretoises.	Ame	0,200 à 0,297	»	0,008	$0^m,200$ près des poutres de rive. $0^m,297$ au milieu du pont.
	Cornières	0,060	0,060	0,008	
Fer à T entre les entretoises.		0,115	0,070	0,008	

Les tôles embouties de la chaussée ont $0^m,009$ d'épaisseur, une longueur de $1^m,11$ et une largeur variant de $0^m,98$ à $1^m,07$, avec $0^m,070$ de flèche.

Les tôles embouties des trottoirs ont $1^m,11$ de longueur et $0^m,380$ de largeur.

Les consoles sont formées par des tôles découpées en arcs de cercle sur lesquelles sont rivées des cornières de $0^m,060$ sur $0^m,070$ avec une épaisseur de $0^m,007$; elles sont réunies, à leur partie supérieure, par un fer à I de $0^m,175$ de hauteur. Une bordure de trottoir de $0^m,285$ de hauteur totale et de $0^m,15$ de largeur est posée contre l'aile intérieure de la poutre de rive. Une contre-bordure de $0^m,300$ sur $0^m,200$ est placée au pied de cette bordure. Le trottoir, de $0^m,75$ de largeur, est revêtu d'un enduit en ciment entre les fers à I des consoles et la bordure en pierre.

Le garde-corps, de $0^m,90$ de hauteur, est formé de montants carrés et de fers à U; il est posé sur le bord du trottoir. Les montants sont rivés sur le fer à I des consoles et scellés dans la partie cimentée voisine.

n) **Ponts nouveaux.**

(Tablier métallique d'un pont d'une épaisseur extrêmement réduite.)

Pont de Gissey-sur-Ouche, construit en 1890.

Les dimensions principales du tablier, à une voie, sont les suivantes :

Longueur entre les culées	$9^{m},80$;
Largeur de la chaussée, entre trottoirs.	$2^{m},50$;
Hauteur des poutres de rive, y compris la tôle striée du trottoir .	$0^{m},448$;
Distance des poutres de rive, d'axe en axe.	$2^{m},70$;
Hauteur des poutres intermédiaires, au nombre de six	$0^{m},16$;
Largeur des semelles de ces poutres	$0^{m},12$;
Epaisseur des tôles.	$0^{m},010$ à $0^{m},015$.

Les dispositions adoptées ont permis de réduire l'épaisseur du tablier à la dimension inusitée de $0^{m},22$.

A partir de chaque poutre de rive et à des distances de $0^{m},32$ d'axe en axe sont disposées trois poutres intermédiaires, soit en tout six poutres intermédiaires, dont les deux plus voisines du milieu du pont sont distantes de $0^{m},78$ d'axe en axe. Toutes ces poutres sont reliées au moyen de six entretoises espacées de $1^{m},984$, dont deux reposent sur les culées. Ces entretoises sont formées de tronçons de fers à I de même dimension que les poutres intermédiaires; elles sont renforcées par une semelle inférieure de $0^{m},120$ de largeur et de $0^{m},010$ d'épaisseur. Les âmes de toutes les poutres et entretoises sont reliées dans les angles par des équerres de $0^{m},070$ sur $0^{m},070$ avec $0^{m},008$ d'épaisseur. Une tôle générale de $0^{m},01$ d'épaisseur, rivée sur les poutres et les entretoises, complète la rigidité du système et supporte le platelage en câbles d'aloès.

Ce platelage, de $0^{m},04$ d'épaisseur, est maintenu sur la tôle au moyen de petits boulons à tête plate disposés en quinconce.

o) **Portes d'écluse nouvelles en fer.**

(Type adopté depuis 1884.)

Détails de la porte dont la description est donnée ci-dessus (k).

Le dessin exposé donne les détails de la passerelle et du garde-corps.

La passerelle couronnant chaque vantail est une tôle striée de $0^{m},008$ d'épaisseur boulonnée sur quatre consoles, en fer plat et cornières, fixées sur l'entretoise supérieure.

Elle a une largeur totale de $0^{m},84$ et une largeur utile de $0^{m},60$ en amont du garde-corps posé à l'aplomb du vantail; elle est arrondie à ses angles et présente une ouverture pour le passage de la tige de manœuvre de la ventelle.

Le garde-corps se compose d'une lisse en fer rond de $0^{m},030$ de diamètre, dont

les extrémités, formant montants verticaux, sont fixées sur les deux consoles extrêmes de la passerelle; cette lisse est interrompue sur la largeur du cric auquel elle est fixée, de chaque côté, contre les montants qui supportent cet organe; un troisième montant fixé sur une console supporte la lisse. Tous les montants sont contrebutés à l'aval par des fers carrés, de 0^m,030 sur 0^m,030 pour les montants de la lisse, et de 0^m,035 sur 0^m,035 pour ceux du cric.

p) **Portes d'écluse nouvelles en fer.**

(Type adopté depuis 1884.)

Détails de la porte dont la description est donnée ci-dessus (k).

Le dessin exposé donne les détails des organes de rotation : tourillon, crapaudine, disque, collier, plaque de buscage et cric de manœuvre.

Le collier est en fer forgé d'une seule pièce présentant, d'une part, le trou destiné à recevoir le faux collier de bronze où doit tourner le tourillon, et, de l'autre, une boucle allongée. Les branches de cette boucle sont munies de trois vis calantes s'appuyant sur deux blocs de fonte faisant partie d'une plaque triangulaire évidée, qui est fixée dans une cavité du couronnement du chardonnet.

Le cric est à double harnais, il est fixé sur deux montants faisant partie du garde-corps de la passerelle. La crémaillère, qui a 0^m,050 de largeur sur 0^m,035 d'épaisseur, traverse une boîte en fonte cylindrique, de 0^m,270 de diamètre extérieur et de 0^m,154 d'épaisseur, comprenant un vide intérieur de 0^m,125 de rayon.

III. — **Service du canal du Centre.**

Grand panneau représentant, à différentes époques, les écluses, les portes d'écluse, les appareils de remplissage et de vidange des écluses, les ponts et les digues des réservoirs d'alimentation.

1° *Écluses.*

a) **Écluses primitives (1794).**

Les écluses primitives du canal du Centre présentaient les dimensions suivantes :

Longueur entre la corde du mur de chute et les enclaves d'aval .	27^m,60;
Largeur au niveau de la plate-forme.	5^m,20;
— au niveau de la corde du radier.	4^m,55;
Flèche du radier, de forme circulaire	0^m,24.

Epaisseur du radier. . . . . de 0m,71 à 1m,08 ;
Hauteur des bajoyers, au-dessus du busc d'aval . . . . . . 5m,00 ;
id. au-dessus du busc d'amont. . . . . . 2m,40 ;
Epaisseur des bajoyers, au sommet. . . . . 1m,30 ;
id. à la base. . . . . 2m,72 ;
Saillie des buscs d'amont et d'aval sur le radier des chambres des portes . . . . 0m,25 ;
Profondeur de l'enclave des portes . . . . 0m,35.

Le parement des bajoyers était vertical sur 3m,05 à partir du couronnement et présentait un fruit de 1/6 sur le reste de sa hauteur. On supprima le fruit des bajoyers vers 1845. Un siphon de 0m,65 de diamètre était pratiqué dans chaque bajoyer pour le remplissage du sas. Il prenait naissance derrière les portes d'amont et débouchait dans une chambre voûtée ménagée sous le busc d'amont. La même disposition était reproduite à l'aval pour la vidange du sas, mais chaque siphon débouchait dans une petite niche pratiquée dans le bajoyer à l'aval des portes.

b) Premier allongement des écluses (1852-1858).

En 1852, on allongea les écluses de 3 mètres, afin de les mettre en harmonie avec celles des canaux voisins. Leur longueur utile fut ainsi portée à 30m,60. L'exécution des travaux dura sept années. Aucune modification ne fut d'ailleurs apportée au type primitif des écluses.

c) Deuxième allongement des écluses (1881-1889).

De 1881 à 1889, il fut procédé, en exécution de la loi du 5 août 1879, à un second allongement des écluses pour donner au sas une longueur utile de 38m,50.

Plusieurs modifications furent apportées en même temps à l'ancien type, les plus importantes furent : le remplacement des vannes à jalousies du système Gauthey par des vannes cylindriques de fort débit et l'abaissement de 0m,60 du radier et des buscs.

Les dispositions des écluses ainsi modifiées sont les suivantes :

Longueur utile des écluses 38m,50;
Largeur 5m,20;
Hauteur du mur de chute sur l'axe de l'écluse . . . 2m,60;
Hauteur du busc au-dessus du radier amont. . . . 0m,25;
Largeur des enclaves des portes. 3m,40;
Profondeur des enclaves des portes. 0m,50;
Hauteur des bajoyers de la tête amont 3m,25;
Épaisseur id. id. 1m,10;
Épaisseur minimum du radier du sas, sur l'axe. . . 0m,75;
Hauteur de la plate-forme de l'écluse au-dessus du fond du sas. . . . . 5m,85.

Au fond de chacune des enclaves des portes d'amont, sous une voûte en plein cintre de 2^{m},10 de portée et de 2^{m},55 de hauteur, s'ouvre dans le radier un puits de remplissage, dont l'orifice est recouvert d'une vanne cylindrique. Ce puits a 1^{m},40 de diamètre et descend jusqu'au niveau du bief d'aval, de son fond part un aqueduc voûté en plein cintre, d'environ 8 mètres de longueur et de 1^{m},70 de hauteur sur 1 mètre de largeur, parallèle sur la plus grande longueur à l'axe de l'écluse et qui sert au remplissage. Cet aqueduc communique avec le sas par quatre pertuis, également espacés, de 0^{m},70 de largeur et 0^{m},80 de hauteur, qui débouchent au-dessous du fond des bateaux les plus chargés.

La durée du remplissage du sas, pour une éclusée de 600 mètres cubes, ne dépasse pas deux minutes.

Les dispositions qui précèdent s'appliquent aux écluses allongées par l'amont qui sont de beaucoup les plus nombreuses. La tête d'aval a généralement été conservée sans autres modifications que l'abaissement de 0^{m},60 du busc du radier de la chambre de fuite et, pour quelques écluses, la pose de petites vannes cylindriques de 0^{m},70 de diamètre sur les siphons de Gauthey servant à la vidange du sas.

d) **Écluses à grande chute (1887-1889).**

Pour certains groupes d'écluses très rapprochées, on a supprimé une écluse sur deux, en construisant une écluse à grande chute.

Les écluses ainsi construites entre deux écluses pour les remplacer sont au nombre de treize.

Les dispositions spéciales à ces écluses sont les suivantes :

Hauteur du mur de chute.	5^{m},20;
Épaisseur minima du mur de chute	1^{m},60;
Hauteur des bajoyers	8^{m},20;
Épaisseur des bajoyers à la base	3^{m},60;
Épaisseur des bajoyers au sommet.	1^{m},20.

Dans chaque bajoyer l'aqueduc qui aboutit au puits de la vanne d'amont longe le sas sur toute sa longueur; il communique avec lui par quatre pertuis rectangulaires et également espacés de 0^{m},60 ou 0^{m},80 de largeur et de 0^{m},80 ou 1 mètre de hauteur.

Un peu en amont de l'angle d'enclave d'aval, cet aqueduc se relève et débouche dans un grand puits rectangulaire, de 2^{m},30 de côté et de 6^{m},25 de hauteur, où est placée la vanne cylindrique de vidange. Ce puits et le sas communiquent par les quatre pertuis rectangulaires qui, après avoir servi au remplissage, servent également à la vidange.

La vanne cylindrique a son siège placé à 0^{m},65 seulement en contre-bas du niveau d'aval; elle couvre un puits inférieur de 1^{m},40 de diamètre et de 1^{m},95 de hauteur, du fond duquel part l'aqueduc de fuite d'une section rectangulaire de 1 mètre de largeur sur 1^{m},60 à 2 mètres de hauteur. Cet aqueduc contourne le chardonnet de façon à déboucher dans la chambre de fuite normalement à l'axe de l'écluse.

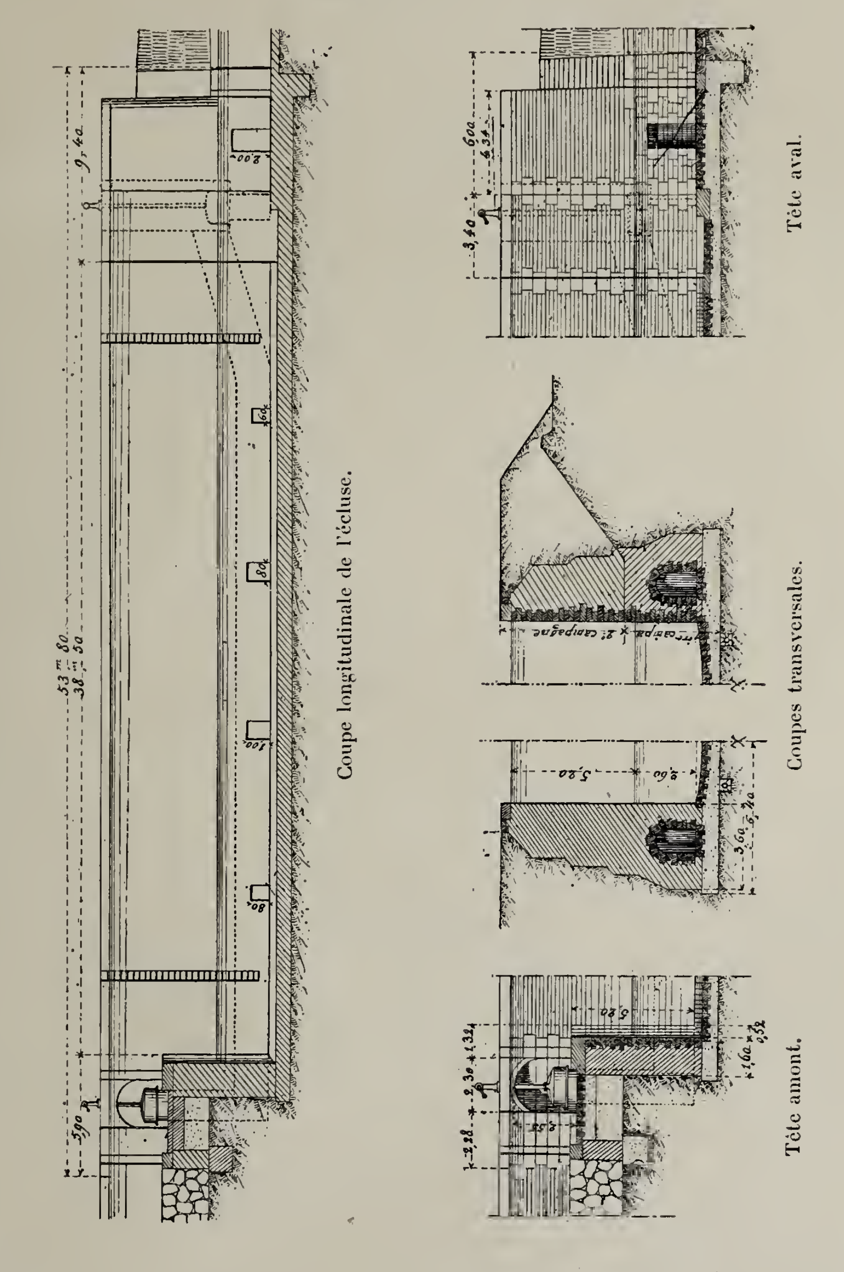
Le volume de l'éclusée est de 1 200 mètres cubes. Le remplissage s'effectue en 3 minutes 10 secondes et la vidange en 3 minutes 15 secondes.

III. — NAVIGATION INTÉRIEURE

§ 2. — Canaux.

Canal du Centre.

Écluses à grande chute.



2° *Portes d'écluses.*

a) **Portes en bois (1794).**

Les portes d'écluses primitives du canal du Centre étaient en bois à deux vantaux.

Chaque vantail se composait d'un cadre formé d'un poteau tourillon, d'un poteau busqué et de traverses horizontales ou entretoises, au nombre de 4 pour les portes d'amont et de 7 pour les portes d'aval. L'entretoise supérieure, placée au-dessus du niveau de la plate-forme de l'écluse, était prolongée de 3 mètres environ au delà du poteau tourillon, de manière à former balancier pour la manœuvre du vantail.

La rigidité du cadre était assurée par des bracons inclinés, au nombre de 4 pour les vantaux d'amont et de 8 pour les vantaux d'aval. La partie comprise entre l'entretoise supérieure et celle au-dessous était consolidée par un croisillon formé de pièces de même section que le bracon.

La face supérieure de l'entretoise la plus élevée était placée à $1^{m},97$ au-dessus du niveau normal de l'eau et la face supérieure de la suivante à $0^{m},49$ au-dessus de ce niveau. Les autres entretoises étaient espacées également.

Le bordage, placé sur la face amont du vantail, était formé de madriers disposés diagonalement en sens opposé des bracons.

Les portes n'étaient pas munies de ventelles.

b) **Nouveau type de portes en bois (1835, 1837, 1838).**

En 1835, on adopta un nouveau type de portes en bois.

Les entretoises, au nombre de 4 pour le vantail d'amont et de 6 pour le vantail d'aval, y compris le chapeau, sont inégalement espacées de manière à supporter sensiblement la même charge.

Chaque vantail ne comprend qu'un seul bracon reliant le sommet du poteau busqué à la base du poteau tourillon, les plateaux du bordage sont disposés obliquement dans le sens du bracon.

A partir de 1837, pour les portes d'amont, et de 1838 pour les portes d'aval, chaque vantail est muni d'une ventelle, présentant une ouverture de 1 mètre de largeur sur $0^{m},20$ de hauteur, manœuvrée par un levier en fer ayant son point d'appui sur le balancier.

c) **Modifications faites en 1872.**

En 1872, on supprime le balancier et on installe sur l'entretoise supérieure un garde-corps en fer formé d'une lisse et de deux montants fixés à cette entretoise; une armature en fer, boulonnée sur l'entretoise et reliée au garde-corps, supporte le levier de la ventelle. Le bordage est disposé verticalement et son étanchéité est obtenue par le serrage des madriers sans aucun calfatage.

d) Portes métalliques (1883).

Depuis 1883, les portes en bois sont remplacées par des portes métalliques également à deux vantaux.

Portes d'amont. — Chaque vantail est composé d'un cadre en fer à double T, de 2ᵐ,92 de hauteur, renforcé par deux entretoises horizontales et par trois entretoises verticales reliant les premières.

Le bordage est en tôle de 0ᵐ,007 d'épaisseur.

Des fourrures en bois, destinées à amortir les chocs et à assurer l'étanchéité, sont appliquées contre la face aval du vantail, sur l'entretoise inférieure et le poteau tourillon.

Les deux vantaux s'appliquent l'un contre l'autre par l'intermédiaire de fourrures boulonnées sur les poteaux busqués.

La crapaudine est en fonte et son pivot en acier.

Le tourillon, de 0ᵐ,08 de diamètre, est en fer forgé.

L'emploi des vannes cylindriques, dont le débit est considérable, a permis de ne placer aucune ventelle dans la porte.

Portes d'aval. — Les portes d'aval présentent les mêmes dispositions générales que celles d'amont.

Le cadre de chaque vantail est renforcé par 6 entretoises horizontales et 7 entretoises verticales, sa hauteur est de 5ᵐ,52.

Les portes d'aval sont munies d'une ventelle unique, à jalousies, en fonte; l'ouverture de cette ventelle est de 0ᵐ,24, la manœuvre se fait au moyen d'un cric. La levée est de 0ᵐ,12 seulement et n'exige que 7 à 8 secondes.

Cette ventelle est établie pour le cas très exceptionnel où l'on serait forcé de naviguer avec une tenue d'eau assez faible pour laisser émerger le seuil de la vanne cylindrique d'aval.

Dans le cas où une tête d'écluse n'est pas munie de grandes vannes cylindriques, les portes de cette tête sont munies de 2 ventelles par vantail.

e) Portes des écluses à grande chute (1889).

Les portes d'amont des écluses à grande chute sont semblables à celles des écluses ordinaires.

Les portes d'aval ont 9ᵐ,25 de hauteur, garde-corps compris. Chaque vantail est formé d'un grand cadre renforcé par 8 entretoises horizontales inégalement espacées et par 10 entretoises verticales. Toutes ces pièces sont constituées par une âme et quatre cornières en acier doux.

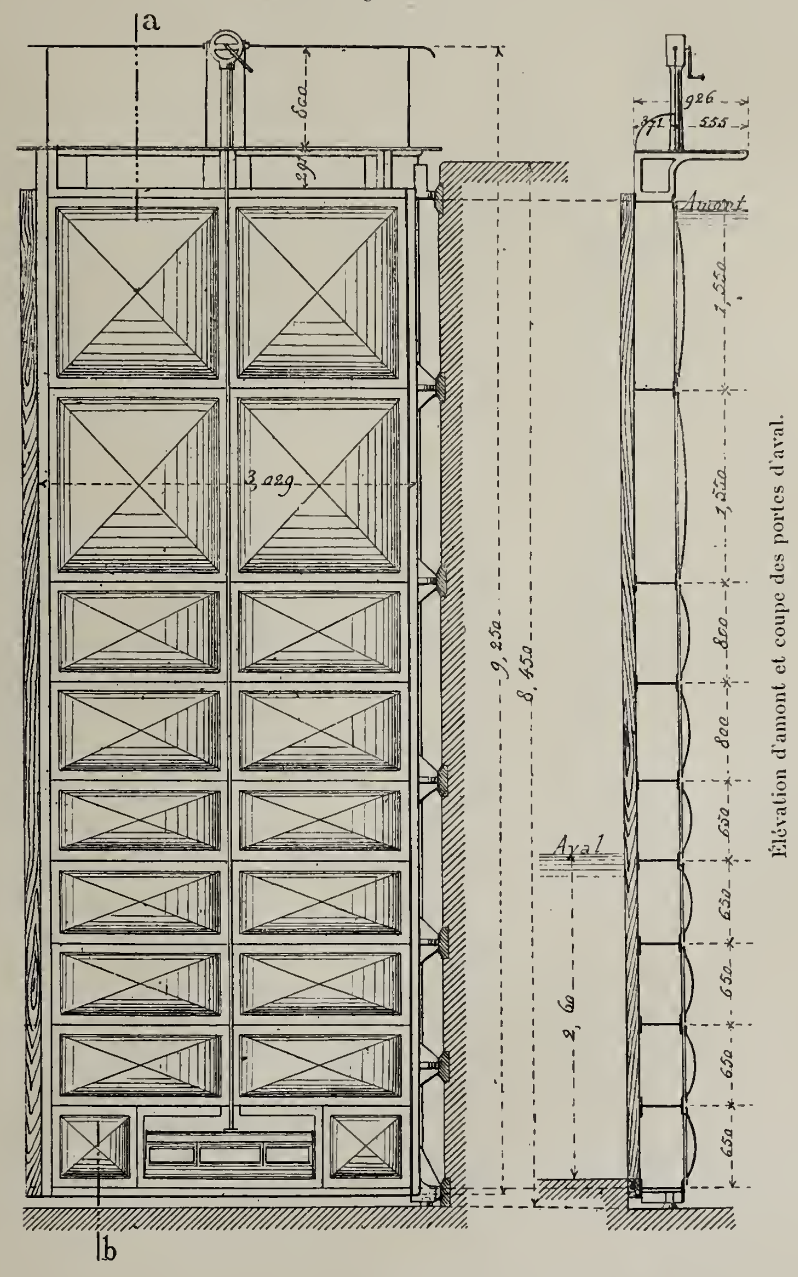
Le poteau tourillon, le poteau busqué et le poteau intermédiaire constitué par l'entretoise verticale médiane, sont renforcés, sur leur face aval, par de larges bandes de tôle.

Le bordage est formé de 18 plaques de tôle de fer embouties, bombées, de 0ᵐ,007 d'épaisseur et de 0ᵐ,070 de flèche, rivées sur la face amont de l'ossature.

§ 2. — Canaux.

Canal du Centre.

Écluses à grande chute.



Les portes des écluses à grande chute, comme celles des écluses ordinaires, sont manœuvrées facilement au moyen de petits treuils.

Toutes les portes métalliques sont galvanisées pour les préserver de l'oxydation; le résultat obtenu est très satisfaisant.

3° *Appareils de remplissage et de vidange des écluses du canal du Centre.*

Les appareils employés successivement, depuis 1794, pour dégager ou fermer les orifices des siphons et des puits par lesquels ces siphons ont été remplacés, sont :

Le clapet de Gauthey;
La vanne à jalousies du système Vallée ;
La vanne cylindrique haute;
La vanne cylindrique basse.

a) **Clapet de Gauthey.**

L'entrée du siphon est garnie d'un châssis dormant en bois, dans lequel s'ajuste un secteur également en bois, formé d'un arc, de deux bracons et d'un essieu et qui la ferme exactement. Le secteur se manœuvre, du dessus du bajoyer, par un levier qui porte sur une pierre disposée à cet effet et au moyen duquel on lève ou on abaisse une tige fixée aux bracons du secteur.

La manœuvre du secteur ne devait exiger qu'un faible effort, car la pression totale de l'eau était reportée sur l'essieu et on n'avait à vaincre que le travail du frottement produit par la rotation.

Cependant cet appareil ne paraît pas avoir réalisé tous les avantages qu'on en attendait, car, vers 1828, M. l'Ingénieur en chef Vallée lui substitua la vanne qui porte son nom.

b) **Vanne à jalousies du système Vallée.**

Cet appareil, placé dans le plan vertical du parement du bajoyer, devant l'ouverture de la niche du siphon, comprend :

1° Un châssis fixe en bois, dans lequel sont ménagées deux ouvertures de $0^m,90$ de longueur et de $0^m,20$ de hauteur ;

2° Une vanne formée de deux plateaux, de $0^m,98$ de longueur et de $0^m,25$ de largeur, placés horizontalement sur champ et laissant entre eux un vide de $0^m,20$, lesdits plateaux étant reliés par deux étriers en fer ;

3° Une tige de manœuvre fixée au plateau supérieur et articulée, à son autre extrémité, à un levier de 2 mètres de longueur en fer, avec col de cygne, disposé sur le couronnement de l'écluse.

Quand la vanne est baissée, les deux plateaux ferment les deux ouvertures du châssis; il suffit d'abaisser le levier pour remonter la vanne de $0^m,25$ et déboucher les ouvertures.

Les vannes d'aval, supportant, quand le sas est plein, une plus forte charge que celles d'amont, l'effort pour les ouvrir eût été considérable. La difficulté est supprimée en faisant ces vannes en fonte, du poids de 220 kilogrammes l'une et en disposant les ouvertures du châssis de telle façon que l'on ferme la vanne en la levant et qu'on l'ouvre en l'abaissant. Dans le premier cas on n'a à soulever que le poids de la vanne, dans le second cas ce poids facilite la manœuvre.

La durée du remplissage ou de la vidange dans les anciennes écluses du canal du Centre, par les siphons de Gauthey et les ventelles des portes, était d'un peu plus de 5 minutes. Lors de l'allongement de ces écluses, de 1881 à 1889, on s'est proposé de réaliser le remplissage et la vidange des nouveaux sas en 2 minutes au moyen de deux appareils seulement placés dans des maçonneries. Cet objectif a été réalisé par l'emploi de vannes cylindriques. Plusieurs essais de vannes de ce genre ont été faits, mais on s'est arrêté à deux types bien distincts : la vanne cylindrique haute et la vanne cylindrique basse.

c) **Vanne cylindrique haute.**

Cette vanne consiste en un cylindre creux en tôle mince, ouvert à ses deux extrémités et entouré d'eau sur tout son pourtour.

Au repos, le sommet de ce cylindre dépasse un peu le plan d'eau le plus élevé du bief d'amont et la partie inférieure, armée d'une couronne conique, s'appuie sur un siège également en forme de couronne conique encastré et scellé dans les maçonneries d'un puits vertical, au niveau de la tenue d'eau d'aval.

Les deux couronnes en fonte, bien alésées et ajustées, ferment le puits quand elles sont en contact; si on lève le cylindre creux, on découvre l'orifice circulaire et on met en communication les deux biefs.

Ce système offre trois avantages importants :

1° Pour lever la vanne, on n'a à vaincre que son propre poids et le frottement sur l'eau;

2° Pour utiliser toute la section de son orifice de rayon r, il suffit de lever la vanne d'une hauteur égale à $\frac{r}{2}$, car le débouché périmétrique ainsi obtenu sur la vanne, $2\pi rh$, est alors égal à πr^2;

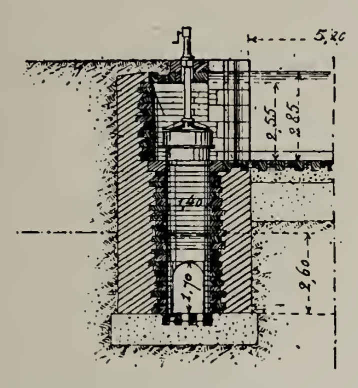
3° On obtient sur un orifice de section donnée une plus forte charge que quand cet orifice est pris dans un plan vertical.

Le cylindre mobile, de $2^m,90$ de hauteur et $1^m,45$ de diamètre extérieur, est en tôle de $0^m,004$ d'épaisseur, il ouvre et ferme une ouverture de $1^m,40$ de diamètre. La couronne en fonte sur laquelle le cylindre est rivé à son extrémité inférieure est renforcée par quatre rayons venus de fonte formant au centre du cercle un moyeu dans lequel s'adapte l'extrémité supérieure d'une tige de fer qui sert de guide à la vanne. Le siège sur lequel repose la vanne présente les mêmes dispositions, et les rayons forment un moyeu percé d'une ouverture pour le passage du guide inférieur.

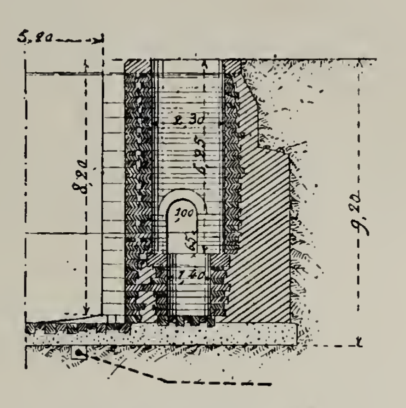
§ 2. — Canaux.

Canal du Centre.

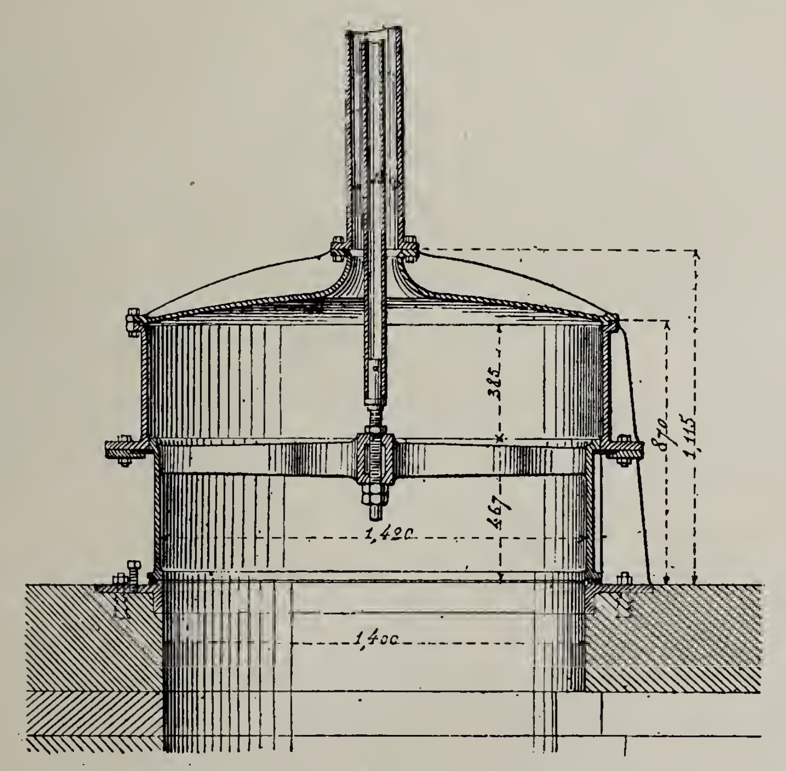
Écluses à grande chute.



Demi-coupe en travers sur l'axe du puits d'amont.



Demi-coupe en travers sur l'axe du puits d'aval.



Coupe d'une vanne cylindrique (la vanne fermée).

La vanne pèse 1085 kilogrammes, y compris la tige et la crémaillère; elle est équilibrée, à 150 kilogrammes près, au moyen de deux contrepoids suspendus à des chaînes de Galle, qui passent sur deux poulies portées par un bâti en fonte.

Le bâti supérieur porte tout le système quand la vanne est levée, il est percé d'une ouverture cylindrique que traverse une tige de fer servant de second guide à la vanne, cette tige prolongée au-dessus du bâti forme la crémaillère de levée.

L'effort à faire pour lever la vanne, frottement non compris, est seulement de 6 kilogrammes.

La levée de la vanne demande seulement 4 à 5 secondes.

La vanne cylindrique haute a l'inconvénient d'être encombrante, très lourde et coûteuse. Au canal du Centre, on a abandonné cet appareil depuis 1884 pour employer la vanne cylindrique basse.

d) **Vanne cylindrique basse.**

La partie fixe de la vanne, entièrement en fonte, se compose d'un siège de $1^m,40$ de diamètre intérieur, encastré et scellé dans la maçonnerie, portant 4 montants reliés par une couronne supérieure; d'un cylindre creux fixé sur la couronne et recevant la vanne quand elle est levée et d'un couvercle boulonné sur le cylindre et surmonté d'un tuyau pour le passage de la tige de manœuvre et pour le dégagement de l'air.

La partie mobile consiste dans une couronne en tôle de $0^m,008$ d'épaisseur, d'une hauteur de $0^m,467$ et d'un diamètre intérieur de $1^m,434$; elle est renforcée intérieurement à chaque extrémité par un fer à T et porte 4 bras ou rayons en fer en U, laissant au centre une ouverture de $0^m,040$ de diamètre pour le passage de la tige de la vanne. Latéralement, la couronne est munie sur tout son pourtour de deux nervures horizontales en acier dur de $0^m,040$ sur $0^m,020$. Cette couronne glisse dans la partie fixe et dégage ou ferme l'espace vide ménagé entre le siège et le cylindre supérieur. La pression verticale de l'eau est supportée par le couvercle, la partie mobile ne reçoit que des pressions latérales qui se détruisent.

La manœuvre se fait au moyen d'un cric, l'effort nécessaire est de 5 kilogrammes non compris les frottements. La durée de la manœuvre est de 12 à 15 secondes.

4° *Ponts.*

a) **Ponts primitifs (1794).**

Les ponts primitifs étaient en maçonnerie avec voûtes surbaissées au 1/7 environ; ils avaient $7^m,80$ d'ouverture et $5^m,50$ de hauteur sous clef au-dessus du fond du bief; une banquette de halage, de $2^m,60$ de largeur, établie à $0^m,50$ au-dessus du plan d'eau normal était ménagée sous chaque pont. La passe navigable avait de $5^m,10$ à $5^m,20$ de largeur.

b) Modifications réalisées en 1833.

En 1833, on réduisit à $1^m,60$ la largeur de la banquette de halage et on établit une banquette de contre-halage de $0^m,70$ de largeur. La passe navigable avait une largeur de $5^m,50$.

c) Modifications réalisées en 1875.

En 1875, on augmenta la section d'écoulement sous les ponts en approfondissant la cuvette de $0^m,60$ et en supprimant la banquette de contre-halage qui fut remplacée par une passerelle en encorbellement placée à $0^m,40$ au-dessus du plan d'eau, avec un mouillage de $1^m,80$; on exhaussa au même niveau la banquette de halage.

d) Transformations opérées de 1891 à 1897.

De 1891 à 1897, les ponts furent complètement transformés pour leur donner une hauteur libre de $3^m,70$ au-dessus du plan d'eau, au mouillage de 2 mètres.

L'ouverture fut portée à $9^m,80$, répartie comme il suit :

Banquette de halage	$2^m,60$;
id. de contre-halage	$1^m,10$;
Passe navigable	$6^m,10$.

On n'aurait pu reconstruire en maçonnerie aucun des ponts, en leur donnant la hauteur libre réglementaire, sans allonger, dans des proportions inadmissibles, les rampes, à déclivités déjà très fortes, des routes et chemins qui les empruntent. On a dû remplacer les voûtes par des tabliers en tôle de faible épaisseur.

Ces tabliers se composent, pour les ponts à deux voies de voitures, de 2 poutres de rive et de 2 poutres intermédiaires réunies par des entretoises.

La chaussée, généralement formée d'une couche de pierres cassées de 0^m15 d'épaisseur, repose sur un plancher en tôles embouties concaves, rivées sur les semelles supérieures des poutres et des entretoises. Les trottoirs sont supportés par des consoles rivées aux poutres de rive.

Le tablier, ainsi constitué, a une épaisseur totale maxima de $0^m,48$. Quand on ne disposait pas d'une hauteur suffisante et qu'un exhaussement de la chaussée eût donné lieu à des indemnités importantes, on a réduit la hauteur du tablier en portant à quatre le nombre des poutres intermédiaires et en remplaçant l'empierrement par des câbles en aloès, de $0^m,15$ à $0^m,20$ de largeur et de $0^m,04$ d'épaisseur, disposés transversalement et cloués sur des madriers en chêne placés dans la concavité des tôles embouties et maintenus par des bandes en fer plat boulonnées au plancher.

Les banquettes de halage et de contre-halage sont établies à $0^m,50$ au-dessus du plan d'eau normal avec mouillage de 2 mètres.

5° *Digues-barrages des réservoirs.*

Le canal du Centre n'était alimenté, lors de sa création, vers 1791, que par neuf réservoirs contenant ensemble 1 559 000 mètres cubes d'eau ; le nombre de réservoirs est aujourd'hui de douze et leur capacité totale s'élève à 2 185 000 mètres cubes.

Les dessins exposés donnent les dispositions des digues de cinq réservoirs établis à des époques différentes. Ils permettent de se rendre compte des progrès réalisés au cours du siècle dernier dans l'alimentation du canal du Centre.

a) **Réservoir de Torcy (1801).**

Les dispositions primitives du réservoir étaient les suivantes :

Hauteur d'eau maxima . . . . 7^{m},10;
Revanche de la digue au-dessus du niveau de l'eau . . 0^{m},60;
Capacité du réservoir . . . . 695 700 mètres cubes.

Les dispositions de la digue en terre sont indiquées ci-après :

Hauteur maxima . . . . 7^{m},70;
Inclinaison du talus d'amont . . . . 45° ;
Inclinaison du talus d'aval . . . . . . 3 de base pour 2 de hauteur
Section de la conduite de prise d'eau en bois . . . . 0^{m},35 sur 0^{m},35.

Le talus d'amont de la digue est revêtu d'un perré à pierres sèches.

Le déversoir, disposé en plan incliné, se compose de cadres en charpente avec remplissage en maçonnerie de moellons piqués.

De nombreuses modifications ont été apportées à cette digue. La hauteur de la retenue est aujourd'hui de 11 mètres et la contenance du réservoir est portée à 2 380 000 mètres cubes.

b) **Réservoir de Berthaud (1836).**

Les dispositions générales du réservoir et de la digue en terre sont les suivantes :

Hauteur maxima de la retenue . . . . 11^{m},50;
Capacité du réservoir . . . . 1 988 000 mètres cubes ;
Hauteur maxima de la digue . . . . 13^{m},30;
Largeur de la digue au sommet . . . . 7^{m}, » ;
Largeur maxima à la base . . . . 44^{m},25;
Revanche du sommet du parapet au-dessus de l'eau . 3^{m}, » ;
Inclinaison du talus d'aval . . . . . 3 de base pour 2 de hauteur ;
Largeur du déversoir . . . . 8^{m}, » ;
Nombre de bondes . . . . 3 ;
Dimensions de l'aqueduc de la bonde de fond, en plein cintre . . . . . largeur 0^{m},60, hauteur . . 0^{m},90;
Hauteur de la bonde intermédiaire au-dessus du fond. 2^{m}, »

Dimensions de l'aqueduc de cette bonde, partie
amont . . . . . . largeur $0^m,60$, hauteur. . $0^m,90$;
Dimensions de l'aqueduc de cette bonde, partie
aval . . . . largeur $0^m,80$, hauteur. . $1^m,10$;
Hauteur de la bonde supérieure au-dessus du fond. . $8^m,50$;
Dimensions de l'aqueduc de cette bonde en plein
cintre. . . . . . largeur $0^m,60$, hauteur. . $0^m,90$;

La bonde de fond est placée sur l'axe transversal de la digue;

La bonde intermédiaire est située entre la bonde de fond et le déversoir;

La bonde supérieure est placée dans l'axe du déversoir.

Le talus d'amont de la digue est revêtu de 7 murs indépendants, séparés les uns des autres par des bermes maçonnées formant une série de gradins. Ce système, imaginé par Vallée, présente de sérieux avantages.

c) **Réservoir de Montaubry (1861).**

Les dispositions générales du réservoir et de la digue sont les suivantes

Profondeur maxima du réservoir . . . . $15^m,20$;
Capacité du réservoir. . . . . 5039000 mètres cubes;
Hauteur maxima de la digue . . . . $16^m,58$;
Longueur de la digue, à la base . . . . 39^m, » ;
id. id. au sommet. . . . . $132^m,25$;
Largeur de la digue, au sommet . . . . $5^m,85$;
Largeur maxima, à la base . . . . $57^m,70$;
Revanche du dessus du parapet au-dessus du niveau
de la retenue . . . . $2^m,58$;
Inclinaison du talus d'aval de la digue . . 3 de base pour 2 de hauteur;
Largeur du déversoir . . . . 8^m, » ;
Nombre des aqueducs de prise d'eau . . . . . . 3 ;
Hauteur de l'aqueduc intermédiaire au-dessus du fond. 5^m, » ;
Hauteur de l'aqueduc supérieur au-dessus du fond . 10^m, » ;
Largeur des trois aqueducs de prise d'eau en plein
cintre . . . . 1^m, » ;
Hauteur sous clef de l'aqueduc inférieur. . . . . 2^m, » ;
id. id. des aqueducs supérieurs . . . . $1^m,70$.

Le talus de la digue, du côté amont, est protégé par un revêtement composé de 16 murs indépendants, d'une hauteur de $0^m,80$ et d'une inclinaison de $0^m,60$, séparés par des bermes de $0^m,90$ de largeur, dont deux de 2 mètres de largeur forment paliers. Les bermes reliant les murs étaient primitivement revêtues d'une couche de béton, de $0^m,185$ d'épaisseur, couverte d'un enduit en bitume; cet enduit, rapidement détruit, a été remplacé, de 1868 à 1870, par une chape en mortier de ciment, qui a été remplacée, en 1882 et 1884, par un pavage en moellons de $0^m,25$ d'épaisseur posé sur une couche de béton de $0^m,15$ d'épaisseur.

Le déversoir est taillé en gradins dans les rochers de la rive gauche.

Les aqueducs de prise d'eau sont établis dans un pertuis unique en maçonnerie, de $1^m,60$ d'ouverture; ils aboutissent à un puits fermé, au niveau de la digue, par un trapon en fonte.

Chaque aqueduc est fermé par une vanne manœuvrée par un cric qui était primitivement placé à la hauteur de la berme immédiatement supérieure. Ce système avait l'inconvénient de laisser noyés, pendant un certain temps, les crics servant à la manœuvre des vannes inférieures et de ne pas permettre la manœuvre simultanée de deux bondes. On y a remédié, en 1879, en exhaussant, de 5 mètres chacun, les paliers supportant les crics des deux bondes inférieures ; ils sont placés maintenant sur de petites tours auxquelles on accède par des passerelles en fer. Malgré cette amélioration, le système reste défectueux, puisque le cric de la bonde inférieure ne peut être manœuvré quand la hauteur de l'eau dépasse 10^{m},40.

Les châssis et les vannes en bois ont été remplacés, il y a vingt ans, par des châssis et des vannes en fonte d'une étanchéité parfaite.

d) **Réservoir du Plessis (1870).**

Les dispositions générales du réservoir et de la digue en terre sont les suivantes :

Hauteur maxima de la retenue . . . . 7^{m},75 ;
Capacité du réservoir . . . . 1 326 000 mètres cubes ;
Hauteur maxima de la digue. . . . . 8^{m},90 ;
Longueur de la digue, au sommet . . . . 282^{m},40 ;
id. id. à la base. . . . . 65^{m}, » ;
Largeur de la digue, au sommet . . . . 5^{m}, » ;
Revanche du sommet du parapet au-dessus du niveau de la retenue. . . . . 2^{m},75 ;
Inclinaison du talus d'aval de la digue . 3 de base pour 2 de hauteur ;
Largeur du déversoir . . . . 15^{m}, » ;
Nombre des aqueducs de prise d'eau . . . . . . 2 ;
Hauteur de l'aqueduc supérieur au-dessus de celui du fond. . . . . 4^{m}, ».

Le talus d'amont de la digue est revêtu de perrés indépendants de 1^{m},70 de hauteur verticale, inclinés à 45 degrés et séparés par des bermes de 1 mètre de largeur. L'ensemble des perrés et des bermes s'appuie sur un mur de garde qui descend jusqu'au terrain solide.

Le déversoir présente, du côté d'aval, un mur de chute, de 1^{m},80 de hauteur, auquel fait suite une rigole creusée dans le rocher.

Les vannes sont en fonte ainsi que leurs châssis. Elles se manœuvrent au moyen de deux crics placés sur la plate-forme de la digue, ce qui permet de les lever, au besoin simultanément.

e) **Réservoir de Torcy-Neuf (1887).**

Les dispositions générales du réservoir et de la digue en terre sont les suivantes :

Profondeur maxima du réservoir. . . . . . . 14^{m},50 ;
Capacité du réservoir. . . . . 8 767 000^{mc}, » ;
Hauteur maxima de la digue. . . . . 16^{m},30 ;

Longueur de la digue au niveau de la plate-forme. .	436^{m},70;
Largeur de la digue, au sommet.	5^{m},50;
Largeur maxima à la base.	52^{m},90;
Hauteur de la plate-forme au-dessus du niveau de la retenue.	1^{m},80;
Hauteur du parapet.	1^{m},20;
Inclinaison du talus d'aval. .	2^{m},73 de base pour 1^{m},00 de hauteur;
Largeur du déversoir.	12^{m},00;
Nombre des bondes	3 ;
Dimensions de l'aqueduc de la bonde de fond, en plein cintre.	largeur, 1^{m},00; hauteur, 1^{m},40;
Dimensions des aqueducs dallés des deux bondes supérieures.	largeur, 1^{m},80; hauteur, 0^{m},40;
Dimensions de l'aqueduc de fuite en plein cintre.	largeur, 1^{m},00; hauteur, 1^{m},80;

Le talus d'amont de la digue est entièrement revêtu en maçonnerie, il se compose d'une série de perrés de 0^{m},50 d'épaisseur et de 1^{m},50 de hauteur, inclinés à 45 degrés et séparés par des banquettes qui ont, en général, 0^{m},50 de largeur ; le pied des perrés repose sur un mur de garde encastré dans le rocher.

Toute la partie de la digue située au-dessous du revêtement et de la plate-forme repose sur le rocher. Pour assurer l'étanchéité à la base il a été établi trois clefs de corroi parallèles à l'axe, pénétrant de 1 mètre dans le rocher.

Le déversoir est arasé à 0^{m},70 en contre-bas de la retenue et surmonté de hausses mobiles en bois permettant d'en régler le débit.

Les prises d'eau se font par l'intermédiaire de trois vannes qui débouchent à différentes hauteurs dans une tour isolée élevée au pied de la digue, à laquelle elle est reliée, en haut, par une passerelle métallique, en bas, par l'aqueduc de fuite.

Cette tour, carrée extérieurement, renferme à l'intérieur un puits cylindrique où viennent aboutir les conduites des bondes. Elle se termine au sommet par une plate-forme de 3^{m},50 de côté placée à la hauteur du couronnement de la digue et sur laquelle sont établis les appareils de manœuvre des vannes. Chaque face est percée d'une ouverture de 2^{m},20 de longueur, fermée habituellement par des poutrelles et qui peut faire l'office de déversoir.

Les dispositions des vannes sont fort ingénieuses ; elles permettent de ne transmettre au châssis sur lequel s'appuie la partie mobile qu'une fraction de la pression totale qu'elle supporte.

Dans les appareils de prise d'eau, la vanne a la forme d'un segment de cylindre, à base circulaire, relié d'une façon rigide à un arbre horizontal concentrique. Elle tourne autour de cet arbre, en laissant un jeu très faible, mais sensible cependant, entre elle et son siège, également cylindrique et concentrique à l'axe de rotation. Elle comprend un cadre mobile qu'elle entraîne dans son mouvement de rotation et qui n'est pas relié à l'arbre. Ce cadre, pressé par l'eau sur les bords, s'appuie et frotte seul sur le siège. Le joint de la vanne et du cadre est d'ailleurs obturé par un boudin en caoutchouc logé dans une rainure.

Chaque vanne présente un débouché de 0^{m},80 de longueur sur 0^{m},40 de hauteur. Les trois vannes sont mues par des crics placés dans une borne unique établie au milieu de la plate-forme de la tour. Le mouvement est transmis aux tiges par des chaînes sans fin calibrées et des arbres horizontaux.

III. — NAVIGATION INTÉRIEURE

§ 2. — Canaux.

Canal du Centre.

Réservoir de Torcy-Neuf.



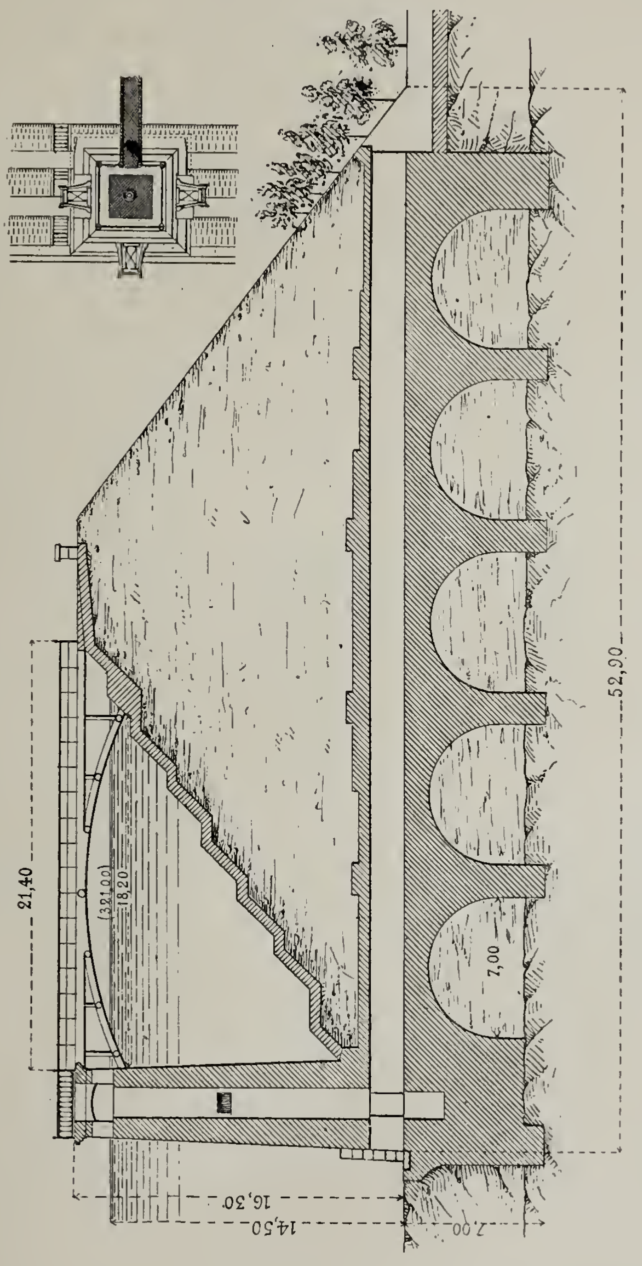
Plan général du Réservoir.

III. — NAVIGATION INTÉRIEURE

§ 2. — Canaux.

Canal du Centre.

Réservoir de Torcy-Neuf.



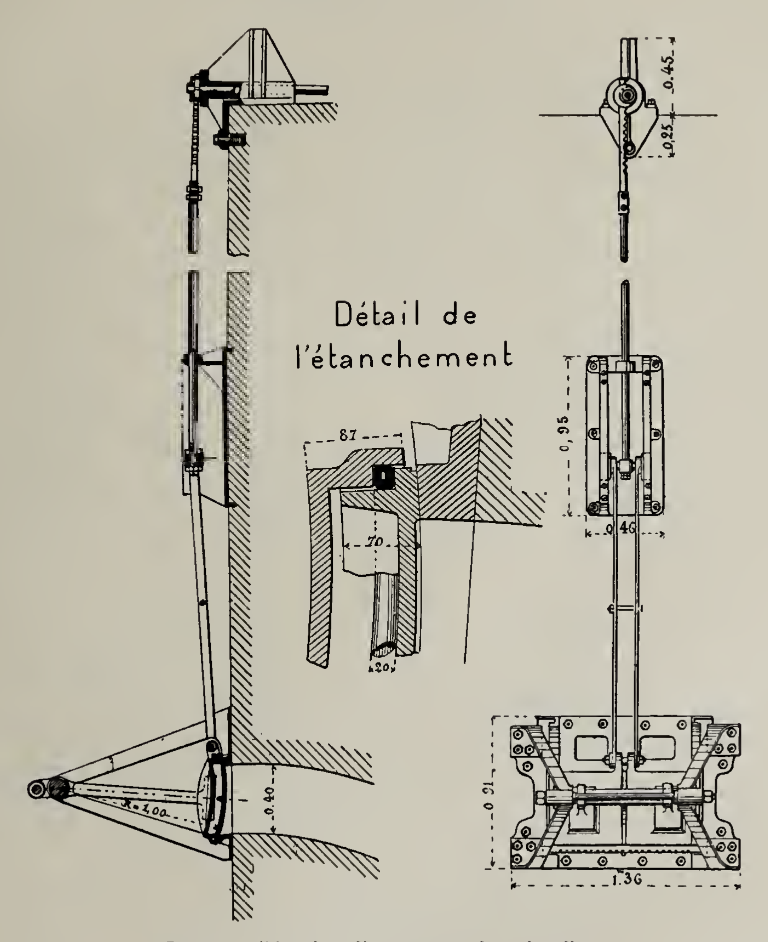
Coupe transversale de la digue, de la tour de prise d'eau et du canal de fuite.

III. — NAVIGATION INTÉRIEURE

§ 2. — Canaux.

Canal du Centre.

Réservoir de Torcy-Neuf.



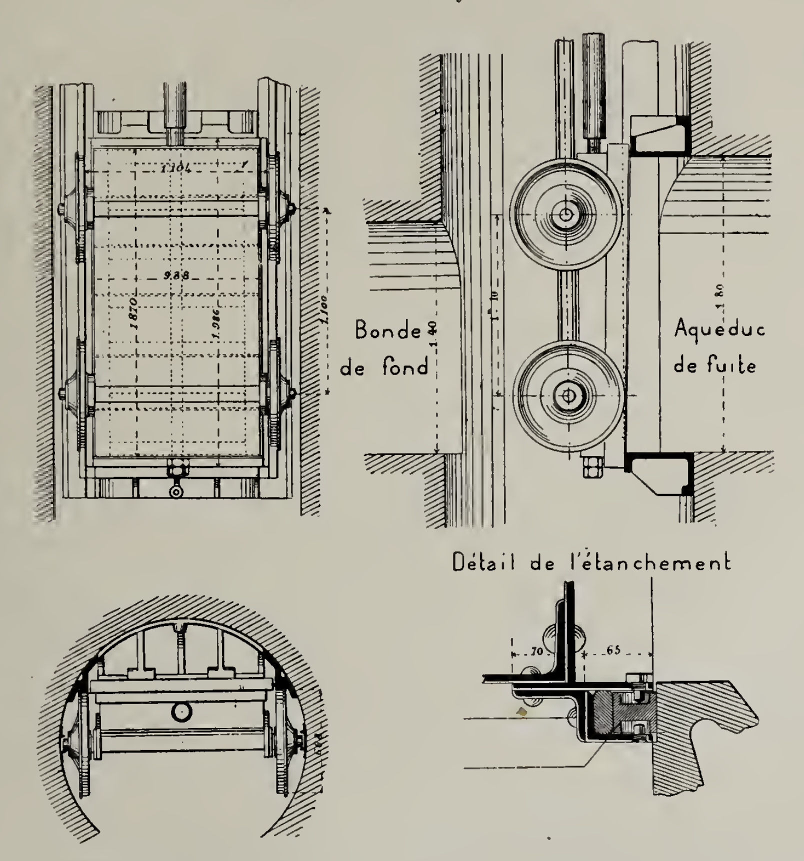
Coupe et élévation d'une vanne de prise d'eau.

III. — NAVIGATION INTÉRIEURE

§ 2. — Canaux.

Canal du Centre.

Réservoir de Torey-Neuf.



Élévation, coupe verticale et coupe horizontale de la vanne de garde.

La vanne de garde a $1^m,80$ de hauteur et $1^m,10$ de largeur. Elle est constituée par un fort wagonnet en tôle, roulant par deux paires de roues, sur des rails verticaux scellés dans les maçonneries du puits. Ce wagonnet se lève, sans s'y appuyer, contre un châssis en fonte, fixé devant l'ouverture du canal de fuite. Le contact se fait suivant un plan légèrement incliné, par un cadre, formé de règles de joint en bronze, indépendant de la vanne et entraîné par elle dans son mouvement. L'étanchéité s'obtient par un boudin en caoutchouc interposé entre les règles de joint et le wagonnet. Le cric qui lève la tige de suspension est placé sur la plate-forme de la tour, dans la même borne que les crics des bondes, et y occupe la quatrième face.

Cette disposition permet de ne transmettre aux règles de joint et au châssis qu'un effort de 3000 kilogrammes, sur la pression totale de 27000 kilogrammes que supporte la vanne entière, et d'effectuer la manœuvre avec un cric d'une puissance théorique de 750 kilogrammes.

Cette vanne donne la facilité de maintenir l'eau dans l'intérieur du puits, selon que l'on augmente plus ou moins sa levée, à la hauteur que l'on juge préférable. On peut ainsi réduire, à volonté, la hauteur de chute des eaux qui tombent, soit par déversement soit par les tirements des bondes.

IV. — Service du canal de l'Est, du canal de la Marne au Rhin et voies annexes.

(Dessins concernant les usines élévatoires de Messein.)

Les usines élévatoires de Messein ont été établies, à frais communs, entre l'Etat et la ville de Nancy, lors de la construction du canal de l'Est, de 1878 à 1880.

Ces usines, situées dans la vallée de la Moselle au pied d'un col très bas qui sépare cette vallée de celle de la Meurthe, reçoivent, par une rigole, les eaux dérivées de la Moselle au barrage de Flavigny et leur ménagent une chute de $6^m,50$. Elles montent au niveau du col les eaux destinées, d'une part, à l'alimentation d'un petit canal à point de partage qui relie le canal de l'Est au canal de la Marne au Rhin entre Messein et Laneuveville, devant Nancy, d'autre part, à l'alimentation de la ville de Nancy en eau potable.

Les machines forment deux groupes similaires et indépendants, installés dans un même bâtiment séparé en deux parties égales par un mur de refend.

L'ensemble des machines comprend six roues-turbines à axe horizontal du système Girard, dont trois servent à l'alimentation du canal et trois à l'alimentation de la ville.

A l'origine, deux moteurs de chaque groupe devaient suffire au service courant, le troisième constituant une machine de rechange et de relais. Il en est toujours ainsi pour les machines de l'Etat ; mais les besoins croissants de la ville de Nancy l'obligent à utiliser les trois roues simultanément.

Chaque roue actionne directement quatre pompes aspirantes et foulantes, horizontales et à double effet, accouplées à 90 degrés.

La roue a 7 mètres de diamètre ; elle est munie sur sa circonférence d'aubes à section ellipsoïdale au nombre de 144. Le mouvement lui est transmis par un injecteur dont la forme est sensiblement celle d'une demi-sphère et qui s'assemble avec l'extrémité des tuyaux d'amenée de l'eau motrice. Cet injecteur porte à sa partie infé-

rieure un distributeur concentrique avec la roue; il couvre 1/8 de sa circonférence et porte 18 augets identiques à ceux de la roue.

La roue actionne les pompes directement au moyen d'une manivelle et d'une bielle assemblées avec chacune des tiges de piston.

Les pompes de l'Etat, recevant l'eau sous pression, sont munies de réservoirs d'air à l'aspiration. Chaque groupe de pompe est, en outre, pourvu d'un réservoir qui assure la régularité du refoulement et l'uniformité du mouvement dans les conduites ascensionnelles.

Les données principales applicables aux deux groupes de pompes sont indiquées dans le tableau suivant :

ÉLÉMENTS DES APPAREILS	USINE DE L'ÉTAT	USINE DE LA VILLE
Hauteur de chute normale	$6^m,50$	$6^m,50$
Volume moteur normal	$1^m,88$	$1^m,69$
Force brute normale	163 chevaux	143 chevaux
Hauteur de refoulement	$12^m,70$	$20^m,70$
Volume moyen refoulé par jour	$28\,000^{mc}$ à $30\,000^{mc}$	$25\,000^{mc}$ à $28\,000^{mc}$

Un atelier de réparation, dont l'outillage est actionné par une petite turbine, est annexé aux usines. Cette turbine, à axe vertical, sert en même temps à fournir de l'air comprimé aux réservoirs d'aspiration et actionne une dynamo pour l'éclairage électrique des usines.

La dépense totale d'établissement, pour les bâtiments et les machines, s'élève à la somme de 450000 francs.

V. — Service de la navigation de la Marne, du canal latéral à la Marne, du canal de l'Aisne à la Marne, du canal de l'Oise à l'Aisne, du canal latéral à l'Aisne et du canal des Ardennes.

Tous les travaux de navigation des voies constituant ce service ont été exécutés au cours du dix-neuvième siècle.

Les dessins exposés donnent les plans généraux et les profils en long de ces diverses voies navigables, avec des graphiques indiquant leur fréquentation. Ces dessins font ressortir, en outre, les conditions primitives de navigabilité et les améliorations qui y ont été apportées successivement.

Des notices détaillées sont jointes aux dessins exposés; elles sont déposées sur une tablette.

1° *Canal des Ardennes.*

L'idée très ancienne d'améliorer la navigation de l'Aisne et de joindre cette rivière à la Meuse n'a été réalisée qu'au dix-neuvième siècle, en vertu de la loi du 5 août 1821, s'appliquant à l'ensemble du canal des Ardennes et comprenant :

1° L'établissement d'un canal à point de partage, de 39 kilomètres de longueur, formant jonction de la Meuse, à Pont-à-Bar, à l'Aisne, à Semuy;

2° L'amélioration de l'Aisne, de Semuy à la limite des départements des Ardennes et de l'Aisne, sur 54 kilomètres.

Les travaux sont entrepris en 1823 et la navigation est ouverte, par sections successives, de 1827 à 1828.

La rivière de l'Aisne, en aval de Semuy, est d'abord améliorée au moyen de dérivations éclusées, munies en tête de portes de garde. On reconnaît bientôt la nécessité de perfectionner cet état de choses et l'on réunit les dérivations de façon à constituer un canal latéral continu et complètement indépendant de la rivière, qui est ouvert, de 1832 à 1834, sur toute sa longueur, entre Semuy et Vieux-les-Asfeld.

En 1834 et 1835 on construit un embranchement de Semuy à Vouziers.

L'alimentation de la partie du canal à point de partage est assurée par le réservoir de Bairon, d'une capacité de 5 millions de mètres cubes, et par deux prises d'eau dans le Bar; la partie latérale est alimentée par des prises d'eau dans l'Aisne.

Primitivement le mouillage dans le canal était de $1^m,30$; les écluses avaient $33^m,60$ de longueur utile, sur $5^m,20$ de largeur. Les ponts sur biefs, à culées en maçonnerie et tabliers en bois, ne laissaient qu'un passage de $5^m,20$.

Les ouvrages spéciaux à citer sont : le pont tournant de Semuy et le souterrain de Saint-Aignan.

Le souterrain, de 250 mètres de longueur, est formé d'une simple cunette de 6 mètres de largeur, sans chemin de halage, recouverte d'une voûte ne laissant qu'une hauteur libre de $2^m,35$ au-dessus du plan d'eau.

Ces conditions de navigabilité sont successivement améliorées.

Le mouillage est d'abord augmenté et porté successivement de $1^m,60$ à $1^m,80$.

En vertu de la loi de classement du 5 août 1879, on exécute des travaux d'amélioration destinés à assurer au canal des Ardennes les conditions de navigabilité des voies de premier ordre.

Les principales améliorations réalisées sont les suivantes :

Exhaussement des digues, des ponts, etc., en vue de réaliser un mouillage minimum de 2 mètres et un tirant d'air de $3^m,70$;

Allongement des écluses leur donnant $38^m,50$ de longueur utile;

Modification de la voûte du souterrain de Saint-Aignan, de manière à obtenir un chemin de halage de $2^m,50$ de largeur et le tirant d'air réglementaire;

Etanchements et travaux d'alimentation complémentaires;

Suppression des passages rétrécis et reconstruction des ponts sur les biefs, de façon à assurer le croisement des bateaux sous les ponts.

Tous les travaux, sauf la reconstruction de quelques ponts sur biefs, sont aujourd'hui terminés.

La fréquentation du canal a suivi la progression ci-après, à partir de 1880 :

Fréquentation en	1880.	131 000 tonnes;
—	1885.	135 000 —
—	1890.	204 000 —
—	1895.	374 000 —
—	1898.	491 000 tonnes.

Les dessins exposés donnent :

Les dimensions primitives du souterrain de Saint-Aignan, la situation actuelle et le mode d'exécution des travaux d'amélioration ;

Les dispositions des ponts sur biefs de la partie du canal à point de partage et celles des ponts projetés;

Le plan du réservoir de Bairon et des détails sur la digue de réservoir.

2° *Canal latéral à l'Aisne.*

Le canal latéral à l'Aisne prolonge le canal des Ardennes sur 51 kilomètres à partir de Vieux-les-Asfeld; il se termine à Celles-sur-Aisne, où il se jette dans l'Aisne canalisée; il reçoit, à Berry-au-Bac, le canal de l'Aisne à la Marne, et, à Bourg-et-Comin, le canal de l'Oise à l'Aisne.

Commencé en 1837, le canal a été ouvert à la circulation en 1841. Les conditions de navigabilité étaient les mêmes que celles du canal des Ardennes; elle ont reçu successivement les mêmes améliorations.

L'alimentation, assurée d'abord par les eaux provenant du canal des Ardennes et de quelques affluents, a été complétée, en 1848, par le produit des éclusées du canal de l'Aisne à la Marne, et, en 1884, par les eaux de l'Aisne introduites à l'aval de l'écluse de Berry-au-Bac, en même temps que celles qui sont destinées à l'alimentation du canal de l'Oise à l'Aisne.

Le seul ouvrage méritant d'être signalé est le pont-canal, sur la Suippe, accolé à la tête amont de l'écluse de Condé-sur-Suippe. Il est constitué par une cunette en maçonnerie de 10 mètres de longueur sur $5^{m},20$ de largeur, supportée par une voûte en arc de cercle de 8 mètres d'ouverture; les chemins de halage sont supportés par des voûtes accolées aux têtes de l'ouvrage.

Les travaux d'amélioration, analogues à ceux du canal des Ardennes, sont complètement terminés. En dehors de ces travaux, le bief de 20 kilomètres de longueur, compris entre Berry-au-Bac et La Cendrière (Bourg-et-Comin), qui sert de canal d'amenée aux eaux d'alimentation du canal de l'Oise à l'Aisne, a été approfondi et élargi de manière à réduire le plus possible la gêne apportée à la navigation par le passage de ces eaux.

Les améliorations réalisées, qui ont entraîné d'importants bétonnages et étanchements de digues, ont motivé, en outre, la construction de portes de garde, à Pontavert et à Maizy. A Pontavert, il existait une porte de garde ne présentant qu'une voie de bateau; les nouveaux ouvrages ont une largeur libre de 12 mètres. Ils se composent de deux culées en maçonnerie supportant une passerelle mobile et dans lesquelles on a ménagé un aqueduc de dégagement. Le système de fermeture est constitué au moyen d'aiguilles s'appuyant, à la partie inférieure, sur un heurtoir et, à la partie supérieure, sur la passerelle ou sur les maçonneries des aqueducs. Les aiguilles peuvent se placer, soit à l'amont, soit à l'aval.

Les dessins exposés donnent les dispositions de l'ancienne porte de garde de Pontavert et celles des nouveaux ouvrages, ainsi que les différentes phases de la fermeture de la porte de garde.

3° *Rivière de l'Aisne.*

Dès le dix-septième siècle, des bateaux circulaient sur la rivière de l'Aisne en aval de Pontavert, le flottage des bois s'effectuait à partir de Mouzon, près du confluent

de l'Aire. En vertu de l'Ordonnance royale du 10 juillet 1835, l'Aisne est classée comme flottable, sur 92 kilomètres, de Mouzon à Château-Porcien, et, comme navigable, sur 141 kilomètres, de ce dernier point à son embouchure dans l'Oise, près de Compiègne.

Elle n'est plus fréquentée que sur 57 kilomètres entre Vailly et l'Oise.

Jusqu'à la construction du canal latéral, la rivière ne reçoit que des trains de bois et quelques bateaux à faible chargement. La navigation n'y devient active qu'après l'exécution, de 1840 à 1845, des travaux de canalisation assurant le passage des bateaux à 1m,50 d'enfoncement sur toute la ligne de navigation de la Meuse à l'Oise.

Ces travaux consistent dans la construction de sept barrages fixes avec écluses établies dans des dérivations de longueur variable.

Les barrages se composent d'un déversoir, d'environ 60 mètres de longueur, formé d'un massif d'enrochements maintenu par deux lignes de pieux et d'un pertuis, de 12 mètres de largeur, fermé par des aiguilles.

Les écluses, semblables à celles de l'Oise, ont 51 mètres de longueur sur 8 mètres de largeur; les portes en bois sont munies de ventelles; il n'y a pas de mur de chute.

On ne tarde pas à constater l'insuffisance des barrages et l'on est amené à augmenter la retenue de ceux de Fontenoy et de Vauxrot, en 1850 et 1854, par des madriers mobiles autour d'une charnière horizontale. En 1866 et 1868 on établit, sur les barrages de Carandeau et de Couloisy, des fermettes métalliques mobiles supportant des madriers.

Toutes ces modifications n'assuraient qu'un mouillage habituel de 1m,80 pour un tirant d'eau des bateaux de 1m,60.

De 1880 à 1886, on exécute des travaux d'amélioration ayant pour objet de réaliser un mouillage minimum de 2 mètres. Ces travaux consistent dans l'exhaussement des barrages et comprennent, en outre, l'achèvement du chemin de halage, la modification des passages difficiles et l'exécution de défenses de rives.

Les déversoirs des nouveaux barrages sont formés d'un massif de béton recouvert d'un radier en maçonnerie de pierre de taille, sur lequel sont établies des fermettes métalliques supportant des aiguilles.

L'arche marinière du pont de Soissons n'avait que 10 mètres d'ouverture et pas de chemin de halage, le passage de cette arche était très difficile et un service de pilotage obligatoire y était installé depuis 1808; en 1866 on construit une arche marinière métallique, avec un chemin de halage sur estacade en charpente, et l'on démolit une partie du barrage militaire situé en amont, dont les piles gênaient le passage des bateaux.

Avant l'exécution des travaux de canalisation, le nombre journalier de bateaux était en moyenne de 2 à 3. Après ces travaux, on en compte de 6 à 8 correspondant à un trafic moyen annuel de 100000 tonnes. Le trafic progresse continuellement jusqu'en 1889, pour atteindre près de 1 million de tonnes. L'ouverture du canal de l'Oise à l'Aisne, en détournant la presque totalité du transit de la rivière de l'Aisne, ramène, en 1891, le trafic moyen à 161000 tonnes; il dépasse aujourd'hui 3 millions de tonnes.

Les dessins exposés donnent la situation du pont de Soissons et le profil en travers des barrages, avant et après l'exécution des travaux d'amélioration, ainsi que le plan d'ensemble d'une dérivation et quelques détails d'exécution.

4° *Canal de l'Aisne à la Marne.*

Le canal de l'Aisne à la Marne réunit le canal latéral à l'Aisne au canal latéral à la Marne, en traversant la ville de Reims.

Dès le seizième siècle, on avait formé le projet de faire remonter jusqu'à Reims, par la Vesle, les bateaux qui circulaient sur l'Aisne; diverses études furent faites dans ce but; mais, en 1840, on abandonna l'idée de canaliser la Vesle pour y substituer celle de l'établissement d'un canal réunissant les canaux latéraux à l'Aisne et à la Marne, autorisés par la loi de finance du 19 juillet 1837.

Les travaux du nouveau canal sont entrepris dès 1840 et ils sont poussés avec une grande activité, mais ils sont arrêtés en 1848 et ne sont repris qu'en 1855, pour être terminés en 1861.

Le canal, ouvert à la navigation en 1848 de Reims à Berry-au-Bac, est livré sur toute sa longueur en 1861.

On s'aperçoit bientôt que l'alimentation, prévue exclusivement par les eaux de la Vesle, est tout à fait insuffisante. On pare, en partie, à cette insuffisance par des étanchements au moyen d'une chemise en béton exécutée sur plus des deux tiers de la longueur du canal, et l'on construit, à Condé-sur-Marne, une usine hydraulique destinée à envoyer au bief de partage les eaux de la Marne prises à Châlons et amenées à l'usine par une rigole à ciel ouvert de 14 kilomètres. Les eaux sont refoulées par l'usine dans des conduites en fonte de 600 mètres de longueur et se déversent dans une rigole couverte, de près de 8 kilomètres, qui les conduit au canal.

Les moteurs comprennent cinq turbines, à axe vertical, actionnant trois corps de pompe pouvant débiter 100000 mètres cubes par 24 heures et les élevant de $19^{m},10$ jusqu'à la rigole d'amenée.

L'ensemble des travaux, comprenant la construction d'un barrage sur la Marne à Châlons et d'un ouvrage de prise d'eau à Saint-Martin-sur-le-Pré, sont exécutés de 1867 à 1869 et l'usine commence à fonctionner à la fin de 1869.

Depuis cette époque l'alimentation est convenablement assurée par les eaux de la Marne, et les eaux de la Vesle ne sont utilisées qu'exceptionnellement.

Lors de la construction, les écluses avaient $34^{m},50$ de longueur utile sur $5^{m},20$ de largeur; le mouillage du canal était de $1^{m},60$; les ponts sur biefs étaient à deux voies de bateaux, sauf deux ponts en maçonnerie.

Tous les ponts, au nombre de 22, ont été remplacés par des ponts métalliques, sauf un qui est en maçonnerie.

Il existe, dans la traversée de Reims, quatre ponts tournants et deux ponts fixes donnant passage aux chemins de fer qui relient cette ville à Epernay et à Soissons.

Comme ouvrages spéciaux, il faut signaler le pont-canal de Sillery, sur la Vesle, et le souterrain de Mont-de-Billy.

Le pont-canal est accolé à la tête amont de l'écluse de Sillery; sa cunette maçonnée, d'une longueur de 15 mètres, est supportée par trois voûtes en arc de cercle surbaissé. La largeur de la cunette, qui était primitivement de $5^{m},20$, a été portée à 6 mètres au plafond et à $6^{m},60$ à la partie supérieure; les chemins de halage ont été élargis et sont disposés sur des voûtes en briques accolées aux têtes de l'ouvrage et supportées par une ossature métallique.

Le souterrain du Mont-de-Billy a une longueur de 2300 mètres; il est ouvert dans la craie compacte et la voûte seule est maçonnée. La voûte en plein cintre re-

couvre une cunette de 5^m,80 de largeur au plafond et de 6^m,13 au niveau de la retenue, avec une banquette de halage de 1^m,50 de largeur.

En 1895, on a établi pour la traversée de ce souterrain un halage mécanique de bateaux au moyen d'un câble du système imaginé par M. l'inspecteur général Maurice Lévy. Cette installation, exploitée en régie depuis 1896, donne d'excellents résultats.

Les travaux d'amélioration exécutés depuis 1881 comprennent :

L'allongement des écluses ;
Le relèvement des digues ;
L'élargissement des passages rétrécis ;
Le remplacement et l'exhaussement des ponts sur biefs ;
L'aménagement du chemin de halage.

Les ponts laissent aujourd'hui une hauteur libre minimum de 3^m,50 au-dessus de la retenue; pour avoir partout le minimum réglementaire de 3^m,70, il ne reste à relever que quelques ponts sur écluses.

Les dessins exposés comprennent les dispositions anciennes et les dispositions nouvelles des ouvrages ci-après :

Pont sous le chemin de fer de Reims à Epernay ;
Pont tournant de Reims ;
Pont sur bief, suspendu et en charpente ;
Pont en maçonnerie de la Neuvillette ;
Pont-canal de la Vesle à Sillery.

5° *Canal latéral à la Marne.*

Le canal latéral à la Marne, construit de 1838 à 1845, avait son origine à Couvrot, à trois kilomètres en aval de Vitry-le-François. La partie comprise entre Couvrot et Vitry, origine actuelle, faisait primitivement partie du canal de la Marne au Rhin. Il se termine à Dizy, en aval d'Epernay.

A Vitry, le canal se prolonge dans la vallée de la Marne par le canal de la Haute-Marne ; il est continué vers l'Est par le canal de la Marne au Rhin.

Établi pour le passage de bateaux de 34 mètres de longueur, sur 5 mètres de largeur et 1^m,50 d'enfoncement, le canal a été transformé de manière à laisser passer les bateaux de 38^m,50 de longueur et 1^m,80 d'enfoncement.

Les trente et un ponts suspendus, établis primitivement pour assurer la communication d'un côté à l'autre du canal, sont remplacés, en majeure partie, par des ponts métalliques.

Il existe trois ponts mobiles, deux à Vitry et un à Bisseuil.

Deux ponts métalliques ont été établis au-dessus du canal pour le passage du chemin de fer de Châlons à Épernay.

Le canal comprend un pont-canal, établi sur la Saulx, à l'amont de l'écluse de Vitry. Ce pont comporte cinq arches, dont trois en anse de panier de 10 mètres d'ouverture et deux, les arches de rive, en plein cintre de 6^m,50 d'ouverture. La largeur de la cuvette variait primitivement de 5^m,40 à 5^m,80, avec une hauteur de 2^m,10 ; pour faciliter le passage des bateaux, la largeur a été portée à 5^m,85 au plafond et 6^m,30 à la partie supérieure, et la hauteur à 2^m,45. La largeur du chemin de halage a été rétablie par la construction d'une passerelle métallique supportée à l'extérieur du canal par des colonnes en fonte.

L'alimentation, en aval de Couvrot, était assurée par trois prises d'eau dans la Marne, à Couvrot, la Chaussée et Châlons. En amont de Couvrot, on disposait des eaux des canaux de la Marne au Rhin et de la Haute-Marne.

Après l'augmentation du mouillage, la prise d'eau de la Chaussée fut abandonnée, on reconstruisit et on exhaussa le barrage de Couvrot; celui de Châlons avait déjà été reconstruit en 1865, en vue de servir à l'alimentation du canal de l'Aisne à la Marne.

Les dessins exposés comprennent des élévations et des coupes, avant et après les travaux d'amélioration, des ouvrages suivants :

Pont sur bief;
Pont-canal de la Saulx;
Pont tournant de Bisseuil;
Pont sur l'écluse d'Ay.

VI. — Service des voies navigables dans les départements du Nord et du Pas-de-Calais.

1° *Notice sur les voies navigables du Nord et du Pas-de-Calais.*

(1 volume de 160 pages, avec 2 cartes et 5 tableaux graphiques.)
(Déposé sur une tablette.)

Cette notice, rédigée par MM. Bertin, inspecteur général, et La Rivière, ingénieur en chef des ponts et chaussées, donne les renseignements les plus détaillés sur les voies navigables des départements du Nord et du Pas-de-Calais.

Nous devons nous borner à donner ici un résumé des points les plus essentiels de ce travail fort remarquable.

Les voies navigables du Nord et du Pas-de Calais s'étendent entre deux contreforts : le premier, parallèle au cours de la Sambre, séparant le bassin de la Meuse de celui de l'Escaut; le second, appuyé sur le premier, s'étendant jusqu'au cap Gris-Nez et séparant le versant de la Manche de celui de la mer du Nord.

Ce bassin possède à la fois la richesse agricole, industrielle et commerciale.

Sa puissance agricole et industrielle fournit naturellement un trafic important aux canaux qui constituent, en outre, les principales artères de dessèchement de son territoire.

L'Aa, la Lys, la Scarpe et la Deule forment les éléments principaux et naturels du réseau.

Il a été successivement étendu et complété par des travaux considérables.

Au dix-septième siècle, les villes de Dunkerque et de Calais ont été jointes à l'Aa par les canaux de Bourbourg et de Calais. Une communication établie entre les bassins de la Scarpe et de la Deule a réuni les villes de Lille et de Douai.

Au dix-huitième siècle, on construisit le canal de jonction de la Lys à l'Aa, qui part d'Aire et aboutit à Saint-Omer, et l'on canalisa la Lys en amont de Merville.

Au dix-neuvième siècle, la grande voie de communication de Paris à la mer fut complétée par la construction du canal de la Sensée, du canal d'Aire et de la dérivation de la Scarpe autour de Douai; on construisit, en outre, les embranchements de Roubaix, Tourcoing, Séclin, Lens et Audruick.

Le tableau suivant indique l'importance des travaux exécutés sur le réseau, antérieurement au dix-neuvième siècle et pendant le siècle dernier :

DÉSIGNATION DES VOIES NAVIGABLES	Longueur des voies	DÉPENSES FAITES			DÉPENSES	
		Antérieurement au XIXe siècle	Depuis l'origine du XIXe siècle avant 1871	Depuis l'origine du XIXe siècle après 1871	totale par ligne	Kilométrique
	Kilom.	Francs.	Francs.	Francs.	Francs.	Francs
L'Aa	28,458	inconnues	1 024 000	2 350 786	3 374 786	118 588
Canal d'Aire	41,145	»	10 042 701	3 991 975	14 034 676	341 103
Canal de Bergues	8,091	575 000	»	385 212	960 213	118 076
Canal de Bourbourg	20,929	900 000	684 000	4 296 496	5 880 496	280 926
Canaux du Calaisis	29,525	inconnues	1 212 575	2 292 681	3 505 256	81 979
Canal de la Colme	38,501	1 530 000	1 065 000	3 646 770	6 241 770	161 742
Canal de la Deule	63,286	7 000 000	2 629 620	6 923 194	16 552 814	310 382
Canal de Furnes	13,210	300 000	1 322 000	»	1 622 000	122 786
Canaux d'Hazebrouck	24,454	inconnues	468 000	187 756	655 756	26 816
La Lawe	18,293	inconnues	»	14 775	14 775	808
Canal de Lens	12,300	»	»	2 412 956	2 412 956	274 200
La Lys	71,902	1 200 000	757 503	2 336 260	4 293 763	59 717
Canal de Neuffossé	17,855	4 000 000	238 000	5 042 530	9 280 530	519 772
Canal de Roubaix	23,885	»	4 448 940	6 912 055	11 360 995	475 612
Scarpe supérieure	33,080	inconnues	75 000	2 864 369	2 939 369	127 356
Scarpe moyenne	6,906	inconnues	2 112 478	643 600	2 756 078	399 085
Scarpe inférieure	36,152	inconnues	»	7 750 773	7 750 773	214 394
Dérivation autour de Douai	7,992	»	»	3 733 400	3 733 400	465 890
Canal de la Sensée	25,044	»	4 559 445	1 591 731	6 151 176	245 615

On rencontre 79 écluses sur les canaux du Nord et du Pas-de-Calais.

Elles ont de 5m,20 à 6 mètres de largeur entre les bajoyers, de 2 mètres à 2m,50 de mouillage sur les buscs et une longueur totale minima de 38m,50, à l'exception de celles de la Lawe, des canaux d'Hazebrouck et de la Basse-Colme, qui n'ont pas encore été reconstruites.

Les ponts sont au nombre de 208 ; leurs systèmes de construction sont très variés.

Les ponts fixes en maçonnerie sont rares.

Les ponts mobiles, beaucoup plus nombreux, comprennent des ponts tournants à une ou deux passes de 5m,20 à 6m,60 et des ponts-levis à une passe.

Sur un développement de 531 kilomètres, le mouillage de 2m,20 est réalisé sur une longueur de 461 kilomètres ; l'approfondissement reste à exécuter sur 18 kilomètres.

Le tableau suivant fait connaître les variations qu'a subies le trafic depuis l'ouverture des chemins de fer jusqu'en 1877, et depuis 1877 jusqu'en 1898, époque de l'achèvement à peu près complet du programme d'amélioration du réseau.

Les chiffres afférents à chacune des années expriment la circulation en 1000 tonnes rapportée au parcours total.

DÉSIGNATION DES RIVIÈRES ET CANAUX	1844	1855	1867	1877	1890	1898	AUGMENTATION de 1844 à 1877		de 1877 à 1898	
							totale	p. 0/0	totale	p. 0/0
Dérivation de la Scarpe autour de Douai....	»	»	»	»	»	3 510	»	»	»	»
Canal de la Sensée....	173	179	536	929	2 345	3 458	756	436	2 529	272
Canal d'Aire.........	198	206	524	819	1 687	2 266	621	313	1 447	177
Canal de la Deule.....	463	507	662	814	1 637	1 873	351	75	1 059	130
Canal de Neuffossé....	246	372	617	793	1 347	1 869	547	222	1 076	136
L'Aa...............	212	202	390	543	966	1 377	331	156	834	154
Canal de Bourbourg...	159	198	314	512	932	1 327	353	221	815	159
Canal de Lens........	»	»	»	»	254	577	»	»	»	»
Scarpe inférieure. ...	470	649	379	246	380	525	»	»	299	122
Canaux du Calaisis...	129	152	124	169	208	352	40	31	183	108
La Lys..	84	134	186	146	227	319	62	74	273	187
Canal de la Colme.....	28	43	84	84	276	307	56	200	223	264
Canal de Roubaix.....	35	49	82	84	230	282	49	140	198	236
Canal de Bergues.....	46	42	78	84	192	218	38	82	134	160
Scarpe moyenne......	94	156	604	963	2 523	177	869	924	»	»
Scarpe supérieure.....	119	101	98	62	142	126	»	»	64	103
Canal de Furnes......	102	99	87	62	32	63	»	»	1	2
Canaux d'Hazebrouck.	13	19	20	17	15	34	4	25	17	100
La Lawe............	16	14	30	12	4	8	»	»	»	»

Outre les renseignements généraux sur les voies navigables des départements du Nord et du Pas-de-Calais, la notice exposée renferme, pour chaque canal et pour chaque cours d'eau, une monographie très complète, donnant les renseignements suivants :

Tracé du canal ou limites de la partie navigable du cours d'eau ;
Époque de la canalisation ;
Améliorations réalisées;
Améliorations restant à réaliser;
Dépense d'établissement ;
Indications des biefs;
Communes traversées;
Nombre et dimensions des écluses;
Ponts;
Siphons;

Profil du canal;
Chemins de halage et de contre-halage;
Halage;
Alimentation;
Réglementation du niveau des biefs;
Mouillage;
Prises d'eau;
Bornage;
Plantations;
Rivages publics.

Ces monographies, rédigées avec le plus grand soin, renferment des renseignements extrêmement intéressants et méritent d'attirer l'attention des ingénieurs.

2° *Dossier renfermant des cartes, plans, profils et dessins d'ouvrages d'art relatifs aux voies navigables du Nord et du Pas-de-Calais.*

(Déposé sur une tablette.)

Ce dossier contient les documents suivants :

Carte des voies navigables du Nord et du Pas-de-Calais, à l'échelle de 1/100000, avec tableau indiquant la longueur et le mouillage de chaque voie, la largeur, la chute, l'altitude des buscs des écluses, ainsi que les points d'eau réglementaires.

Plan au 1/10000 de chacune des voies en service, autographiés en deux couleurs.

3° *Dossier renfermant des profils et des dessins d'ouvrages d'art relatifs à divers canaux et cours d'eau, en* 8 *planches.*

(Déposé sur une tablette.)

Ce dossier contient :

La carte au 1/250000 des voies navigables du Nord et du Pas-de-Calais et le profil en long de chaque voie, dressés en 1855-1857 ;

Les profils en travers et les dessins des ouvrages d'art des canaux de Neuffossé et du Calaisis et de la rivière d'Aa, dressés en 1855-1858 et mis à jour en 1900 ;

Les profils en travers et les dessins des ouvrages d'art des canaux d'Aire, d'Hazebrouck, de Dunkerque, de la Deûle et de la Sensée, et des rivières de la Lawe, de la Lys et de la Scarpe, dressés en 1860 et mis à jour en 1900;

Les profils en travers et les dessins des ouvrages d'art du canal de Roubaix, dressés en 1876 et mis à jour en 1900.

4° *Dossier renfermant des dessins d'ouvrages d'art.*

(Déposé sur une tablette.)

Ce dossier contient les dessins des ouvrages d'art ci-après :

Type de ponts fixes à voie charretière unique;
Pont Saint-Pierre sur le canal de Calais ;
Mur de quai de 414 mètres de longueur sur le canal de Calais;
Pont tournant droit à une voie charretière et une passe navigable;

Pont tournant biais à une voie charretière et une passe navigable;
Type de pont-levis métallique à voie charretière de 2m,50 et trottoirs de 0m,30;
Pont-levis à voie charretière de 2m,50 et trottoirs de 0m,80; élargissement du pont-levis de Croix sur le canal de Roubaix;
Pont d'écluse du canal de la Sensée;
Pont d'écluse des canaux de l'arrondissement de Lille;
Type de porte à ossature métallique et bordé en bois;
Porte d'écluse des canaux de l'arrondissement de Dunkerque; type de porte à ossature métallique et bordé en bois;
Type de maison éclusière ou pontière avec annexe;
Vannage de décharge, de rive droite, d'Houplines, avec passerelle de halage et passerelle de manœuvre;
Type de siphon en maçonnerie de 1 mètre d'ouverture.

Tous ces dessins sont accompagnés de notices explicatives, indiquant les dispositions générales des ouvrages et les dispositions de détail, et donnant les prix de revient, ainsi que les calculs justificatifs pour les ponts métalliques.

VII. — Service des canaux d'Orléans, de Briare et du Loing.

Deux atlas des canaux d'Orléans, de Briare et du Loing.

(Déposés sur une tablette.)

Le premier atlas contient vingt et une cartes gravées vers la fin du dix-huitième siècle par les ordres de S. A. S. Mgr le Duc d'Orléans, savoir :

Une carte d'ensemble des trois canaux à l'échelle de 1/180000 (environ);
Huit cartes particulières à l'échelle de 1/18000 (environ), pour le canal d'Orléans;
Sept cartes particulières à la même échelle, pour le canal de Briare;
Cinq cartes particulières à la même échelle, pour le canal du Loing.

Le second atlas renferme, en huit feuilles, la carte des canaux de Briare et du Loing à l'échelle de 1/20000, donnant la situation de ces canaux en 1899.

Le canal d'Orléans ne figure pas dans le second atlas, aucune carte récente, à grande échelle, n'ayant été dressée pour cette voie navigable qui est restée, au point de vue du mouillage, dans la situation où elle se trouvait au dix-huitième siècle. Des améliorations de détail ont seulement été réalisées sur certains points, sans changer les conditions essentielles de sa navigabilité primitive.

En ce qui concerne les canaux de Briare et du Loing, la comparaison des deux atlas ne fait ressortir que les quelques changements de tracé peu étendus indiqués ci-après :

1° Au canal de Briare, changements provenant de la suppression des nombreuses écluses multiples établies au moment de la création du canal (1604-1642) et de leur remplacement par des écluses simples, construites le plus souvent en dérivation (1882-1893).

2° Au canal du Loing, changements provenant de la suppression de presque toutes les parties de voie navigable communes entre le canal et la rivière du Loing, et dési-

gnées sous le nom de « *racles* ». Cinq de ces racles ont été supprimées de 1881 à 1886 sur les sept qui existaient auparavant.

Ces modifications de tracé ne représentent qu'une partie des améliorations exécutées sur les deux canaux depuis leur rachat par l'Etat, en 1860. Ces travaux ont comporté l'approfondissement des biefs, d'abord à 1m,60, puis à 2 mètres.

Les dépenses ainsi faites atteignent, en nombres ronds :

Pour le canal de Briare. . . . . 11130000 francs;
Pour le canal du Loing . . . . . 5950000 »

Les deux atlas exposés indiquent, pour le canal de Briare, le système d'alimentation de ce canal.

Les étangs, au nombre de treize, et les rigoles d'alimentation, d'une longueur totale de 52 kilomètres, aménagés dès le dix-huitième siècle, existent encore aujourd'hui. L'atlas de 1899 mentionne les deux ouvrages suivants, destinés à compléter le système d'alimentation :

1° La prise d'eau en Loire, de 800 litres par seconde, mise en service au mois de juillet 1895, et alimentant le bief de partage au moyen d'une usine à vapeur de 640 chevaux, établie à Briare, et d'une rigole de 15 kilomètres. (Dépense totale d'établissement : 2900000 francs.)

2° Le réservoir de Bourdin, d'une capacité de 8000000 de mètres cubes, à établir en amont de Saint-Fargeau (Yonne), ouvrage déclaré d'utilité publique par décret du 29 décembre 1899, et dont les travaux viennent d'être commencés. (Dépense prévue : 2000000 de francs.)

Le trafic a pris une extension considérable, au cours du siècle dernier, sur les canaux de Briare et du Loing, le tableau suivant fait ressortir cette extension :

INDICATION DES ANNÉES	TRAFIC EN TONNES	
	CANAL DE BRIARE	CANAL DU LOING
Fin du XVIIIe siècle (1800)	120 000	150 000
1864, première année de l'exploitation par l'Etat	291 452	377 772
1881, années précédant la période de transformation des deux canaux.	438 874	524 464
1894, années précédant la mise en service de l'usine de Briare	787 358	886 655
Année 1900	1 107 383	1 269 967

VIII. — Service du canal de Roanne à Digoin, du canal latéral à la Loire et du canal du Nivernais.

1° *Ouvrages d'entrée en Loire du canal du Nivernais à Decize.*

(Photographie.)

Le canal du Nivernais débouche dans la Loire en amont du barrage mobile de Decize et communique avec le canal latéral à la Loire par un parcours en Loire de

1800 mètres de longueur, dans le bief formé par la retenue de ce barrage, qui présente en général un mouillage de deux mètres.

Cette communication est bien plus régulière et plus facile que la traversée du fleuve effectuée dans un chenal avec eau à cours libre, telles que celles de Châtillon-sur-Loire et de Givry-Fourchambault.

Mais, comme on est obligé d'ouvrir le barrage mobile pour livrer passage aux crues et aux glaces, et d'ouvrir le pertuis de navigation pour laisser passer les bateaux qui pourraient descendre le fleuve, il était convenable d'établir un bassin où les bateaux se préparant à passer du canal du Nivernais dans le canal latéral à la Loire pussent se trouver à l'abri du courant.

C'est dans ce but qu'a été établi, à l'aval de l'écluse n° 35 (versant de la Loire) du canal du Nivernais, un avant-port, présentant une largeur moyenne de 50 mètres et un développement de 879 mètres et communiquant avec le bief de la Loire par deux passes.

En amont de l'écluse n° 35 se trouve un port ordinaire au mouillage de $1^{m},60$.

Les bateaux sont pris, près des passes de l'avant-port, par un toueur sur chaîne noyée qui les conduit à l'écluse de jonction du canal latéral avec la Loire.

2° *Passage à niveau dans la Loire du canal latéral à la Loire, à Châtillon-sur-Loire.*

(Photographie.)

Le passage à niveau dans la Loire du canal latéral à la Loire, à Châtillon-sur-Loire, a conservé une importance considérable depuis 1838, date de sa mise en exploitation, jusqu'en 1896, époque où il a été remplacé par le pont-canal de Briare.

Le problème difficile de ce passage avait été résolu d'une manière aussi complète et satisfaisante que possible. La solution adoptée consistait dans l'établissement d'un chenal, de 55 mètres de largeur, compris entre deux digues basses arasées, l'une, la digue d'Ousson, à $0^{m},50$ au-dessus de l'étiage, l'autre, la digue de Châtillon, à $1^{m},20$ au-dessus de l'étiage.

La principale masse des eaux de la Loire coulait dans ce chenal au lieu de divaguer dans un lit qui, sur ce point, n'a pas moins de 335 mètres de largeur, et cela avait pour effet de tendre à approfondir le chenal par un enlèvement plus rapide des sables mobiles qui constituent le lit de la Loire. Toutefois, pour établir et maintenir un mouillage convenable, il était nécessaire de procéder presque constamment à des dragages.

La longueur du chenal, tracé obliquement par rapport à l'axe du fleuve, était de 1 020 mètres, et, malgré tous les soins apportés à y maintenir une profondeur convenable, le mouillage obtenu était irrégulier et insuffisant par rapport à l'ancien mouillage normal ($1^{m},60$) du canal latéral pendant un tiers de l'année.

La profondeur du chenal fût devenue encore plus insuffisante avec le mouillage de $2^{m},20$ qui devenait nécessaire.

Aussi, la création du pont-canal de Briare, avec bâche métallique et travées de 40 mètres d'ouverture, projeté et construit par M. l'ingénieur en chef Mazoyer, a-t-il rendu un immense service à notre navigation intérieure.

3° *Ecluse circulaire sur l'embranchement des Lorrains du canal latéral à la Loire.*
(Photographie.)

Le canal latéral à la Loire fait suite au canal de Roanne à Digoin, qui prend ses eaux dans la Loire. Depuis Roanne, où se trouve la prise d'eau, jusqu'au pont-canal du Guétin, sur lequel le canal latéral franchit l'Allier et qui se trouve à 156 kilomètres de Roanne, il n'existe pas une seule prise d'eau de première importance.

Les prises d'eau secondaires de l'Arroux, par l'intermédiaire du canal du Centre, de la Besbre, de l'Acolin, de l'Abron et de la Colâtre, ne fournissent à l'alimentation du canal latéral qu'une quantité d'eau d'importance restreinte dans la période des eaux fortes, et très insuffisante dans les périodes de sécheresse. Souvent les eaux de Roanne devaient assurer l'alimentation jusqu'au Guétin, et il était alors bien difficile de pourvoir à l'alimentation des 80 kilomètres de canal qui séparent le pont-canal de la traversée de la Loire à Châtillon-sur-Loire.

C'est pour parer à cet inconvénient que fut créé l'embranchement des Lorrains, de 3400 mètres de longueur, établi parallèlement à l'Allier et venant déboucher dans le canal latéral en aval des écluses du Guétin.

Cet embranchement navigable communique, à son point de départ, avec l'Allier par la prise d'eau des Lorrains, qui assure, en même temps, le rattachement du canal à la rivière de l'Allier et l'introduction des eaux de l'Allier dans l'embranchement. Ces eaux passent ensuite dans le canal latéral et le suivent jusqu'à sa jonction avec le canal de Briare, depuis la construction du pont-canal de Briare.

La prise d'eau des Lorrains est constituée par un sas circulaire de 32^{m},50 de diamètre, qui communique, d'une part, avec l'embranchement des Lorrains au moyen d'une paire de portes busquées contre le bassin, et, d'autre part, avec la rivière de l'Allier au moyen d'une paire de portes de garde busquées contre la rivière et au moyen d'un système de vannages.

Le système de vannages sert à l'introduction de l'eau d'alimentation dans le bassin circulaire et de là dans l'embranchement, dans des conditions calculées d'avance.

Les quelques bateaux qui fréquentent l'Allier peuvent entrer dans le canal par le bassin circulaire, qui fonctionne alors comme un sas intermédiaire entre la rivière de l'Allier et l'embranchement.

La porte de garde et le pertuis correspondant sont ouverts vers l'aval de la rivière, de manière à faciliter l'entrée des bateaux dans le pertuis, puis dans le sas; les bateaux doivent ensuite virer d'environ 45 degrés pour prendre la direction de l'embranchement et franchir la porte d'entrée. On a voulu permettre aux bateaux un virage complet et c'est pour cela que l'on a établi un sas de forme circulaire.

La construction de cette prise d'eau remonte à 1836, elle constitue certainement un ouvrage intéressant.

4° *Pont-Canal du Guétin.*
(Photographie.)

Le canal latéral à la Loire franchit la rivière de l'Allier sur le pont-canal du Guétin, situé tout près du confluent de l'Allier et de la Loire.

Cet ouvrage, construit en 1838, comprend 18 arches en plein cintre, de 16 mètres d'ouverture, séparées par 17 piles de 3^{m},04 d'épaisseur.

L'ouverture libre totale est de 288 mètres et la distance entre les culées de 343 mètres.

Les naissances des voûtes sont placées à 0m,51 au-dessus de l'étiage de l'Allier, le couronnement des piles est à 5m,06 et le couronnement du chemin de halage à 11m,01 au-dessus du même niveau.

La largeur de la cuvette est de 6m,03 et la largeur de l'ouvrage entre les têtes de 9m,73.

La longueur des piles suivant leur axe, de l'avant à l'arrière-bec, est de 11m,77.

Des modifications de détail ont été apportées aux dispositions du pont-canal du Guétin, en 1894 et 1895, pour adapter cet ouvrage aux nouvelles conditions de navigabilité des canaux.

Les épaisseurs des voûtes et des bajoyers ont pu être conservées. Il en a été de même des plans des têtes, mais les couronnements ont été renforcés et élargis par des consoles de 0m,60 de hauteur, en même temps qu'ils ont été exhaussés.

Le tableau suivant fait ressortir les modifications qui ont été apportées aux dispositions primitives de l'ouvrage :

DISPOSITION DES OUVRAGES QUI ONT ÉTÉ MODIFIÉS		DIMENSIONS	
		ANCIENNES	NOUVELLES
Mouillage de la cuvette		1m,60	2m,20
Section mouillée de la cuvette		9mq,65	13mq,27
Hauteur du plan d'eau au-dessus	1° du couronnement de la voûte	3m, »	3m,60
	2° des plus hautes eaux de l'Allier	5m,21	5m,81
	3° de l'étiage	10m,51	11m,11
Largeur du chemin de halage		1m,65	2m, »
Hauteur du chemin de halage au-dessus	1° du sommet de l'intrados de la voûte	3m,50	4m,10
	2° des plus hautes eaux de l'Allier	5m,71	6m,31
	3° de l'étiage	11m,01	11m,61

Le pont-canal du Guétin constitue un monument du plus bel aspect; grâce aux heureuses combinaisons adoptées pour approprier cet ouvrage aux nouvelles conditions de la navigation, il n'a rien perdu de l'aspect grandiose qui le caractérisait.

5° *Pont-pertuis de Champs, sur le canal du Nivernais.*

(Photographie.)

Le canal du Nivernais a une série de parties communes avec la rivière de l'Yonne canalisée, notamment entre Clamecy et Auxerre. Cette rivière, servant au flottage en trains à bûches perdues, comprenait un certain nombre de barrages mobiles comportant des pertuis propres à l'écoulement du flot portant les trains de bois.

Les pertuis sont généralement fermés par des aiguilles s'appuyant sur une pièce de bois horizontale à leur partie supérieure. On provoque l'ouverture brusque du pertuis en élevant la pièce de bois et laissant ainsi échapper les aiguilles. L'ouverture du pertuis était limitée par la longueur qu'il était possible de donner à cette pièce de bois.

L'adoption de la fermette mobile, appliquée pour la première fois au barrage de Basseville par M. Poirier, a permis d'augmenter à volonté la largeur des pertuis.

La pièce de bois sur laquelle s'appuient les aiguilles est remplacée aujourd'hui par une poutre métallique qui peut se relever ou s'abaisser au moyen de treuils.

Le pont de Champs, établi pour le passage de la route nationale n° 6 sur la rivière de l'Yonne, a été disposé de manière à constituer une série de pertuis fermés par des aiguilles.

Cet ouvrage comprend 7 arches ayant une ouverture de 8 mètres portée à 11 mètres pour l'arche centrale.

Sous la première arche de rive gauche est disposée l'écluse qui fait communiquer le bief d'amont, où le canal du Nivernais se confond avec la rivière, et le bief d'aval, distinct de la rivière, dont il est séparé par un mur en maçonnerie à parois verticales de $1^m,50$ d'épaisseur.

Les cinq arches suivantes constituent des pertuis et l'arche centrale présente cette particularité que les avant et arrière-becs des piles qui la comprennent se continuent, en amont et à l'aval, par des massifs de maçonnerie à parois verticales évasées, afin que le pertuis recueille plus facilement les bûches flottantes.

La septième arche, bien que pourvue d'un système de fermeture mobile, correspond à un déversoir disposé, à l'aval du pont, obliquement par rapport à l'axe de la rivière et partant de l'avant-dernière pile pour se rattacher à la rive droite.

Ce déversoir sert à régulariser la tenue du bief pour les variations légères de débit que la rivière subit constamment, et l'on n'a recours à la manœuvre des aiguilles que pour des variations de débit assez accentuées.

Le niveau normal du bief d'amont est à la cote de $103^m,60$, celui du bief d'aval le canal est à la cote de $102^m,40$, ce qui constitue une chute de $1^m,20$.

L'étiage de l'Yonne à l'aval du barrage est à la cote de $101^m,75$.

Cet ouvrage, qui remonte à 1831, rappelle la coexistence, sur les voies navigables accolées, de la navigation par éclusées pour le transport des bois à la descente et de la navigation par écluses s'exerçant dans les deux sens.

6° *Souterrains du bief de partage du canal du Nivernais.*

(Photographie.)

Les souterrains du bief de partage du canal du Nivernais constituent l'une des œuvres les plus importantes et les plus difficiles qui aient été accomplies en France au cours du dix-neuvième siècle.

La construction de ces souterrains a été décrite par M. Charié-Marsaines, inspecteur général des ponts et chaussées, dans un mémoire très remarquable publié dans les *Annales des ponts et chaussées* (année 1848, 1er semestre).

Suivant le projet primitif d'établissement du canal du Nivernais, on devait se contenter de rendre l'Aron navigable depuis Cercy-la-Tour jusqu'à Châtillon et de construire un canal de navigation depuis ce point jusqu'au faîte qui sépare les deux versants ; à partir de là le canal ne devait plus consister qu'en une simple rigole de flottage se rattachant au vaste système établi depuis trois siècles pour l'exploitation des forêts de l'Yonne. L'exécution des travaux fut commencée en 1784.

Deux ans plus tard, il fut décidé que le souterrain de la Colancelle serait percé de manière à permettre la circulation des bateaux, en vue d'établir une communication entre la Seine et la haute Loire.

C'est d'après cette idée que les travaux furent continués de 1786 à 1791 ; ils furent abandonnés au bief de partage en 1791 et ne furent repris qu'en 1823.

Au moment de l'abandon des travaux, le souterrain était déblayé et élargi sur $448^m,50$ et la voûte était construite sur 273 mètres ; le reste, d'une longueur de

$241^m,80$, était percé en gourie d'environ 3 mètres de largeur sur 2 mètres de hauteur.

Pendant l'intervalle de trente ans qui s'écoula entre l'abandon des travaux et leur reprise, les bois qui étayaient la partie argileuse entre les puits n° 3 et 5 s'étaient pourris et les terrains s'étaient affaissés, en sorte que toute la partie centrale de la montagne ne présentait plus qu'une masse en éboulement.

M. Charié-Marsaines décrit, dans son mémoire, l'un des plus sérieux accidents qui se soit produit en cours d'exécution du plus important des trois souterrains du bief de partage.

Lorsque le travail de percement de ce souterrain conduisit à attaquer la masse anciennement éboulée, les déblais que l'on faisait pour l'établissement de la voûte attiraient les terrains déjà ébranlés; le mouvement, se communiquant de proche en proche, détermina un éboulement général de toute la masse et il se forma, dans le haut de la montagne, un entonnoir circulaire qui présenta bientôt l'aspect d'un gouffre de 12 à 13 mètres de diamètre et de 25 mètres de profondeur.

M. Charié-Marsaines présente des considérations fort intéressantes sur les procédés auxquels il était possible d'avoir recours pour traverser la masse éboulée, et il établit que la méthode certainement la meilleure est celle qui a été suivie et qui consiste à déblayer complètement les terres éboulées jusqu'au sommet de l'entonnoir et à construire la voûte à ciel ouvert.

On a donné à la voûte du souterrain le profil de l'anse de panier, qui présente un notable avantage pour la circulation sur la banquette de halage, par le relèvement qu'elle permet de donner aux naissances de la voûte.

7° *Rigole de l'Yonne sur le canal du Nivernais.*

(Photographie.)

La rigole de l'Yonne a été établie pour assurer au bief de partage du canal du Nivernais une alimentation suffisante.

Cette rigole a une longueur totale de $27^{Kil},845$, elle présente une pente kilométrique de $0^m,388$ et une section transversale, en voie courante, de $3^{mq},96$. Le débit de la rigole est de $1^{mc},40$ par seconde.

Les conditions topographiques du terrain sur lequel est établie la rigole ont conduit à la faire passer d'une rive à l'autre de l'Yonne.

Le passage de la rivière s'effectue sur le pont-aqueduc de Montreuillon.

Cet aqueduc comprend 13 arches de 8 mètres d'ouverture. La hauteur maxima des piles, entre le sol et les naissances des voûtes, est de $27^m,17$, leur épaisseur est de 2 mètres et leur longueur, dans le sens perpendiculaire à l'axe de l'ouvrage, est de $4^m,80$, non compris les avant et arrière-becs dont sont pourvues les cinq piles situées dans la zone des basses eaux de la rivière.

La distance entre les plans des têtes est de 4 mètres, elle comprend une largeur de 2 mètres pour la cuvette et deux trottoirs de 1 mètre chacun.

La profondeur de la cuvette est de $1^m,20$ et la hauteur d'eau de $0^m,80$.

La longueur totale de l'ouvrage est de 128 mètres entre les parements intérieurs des arches extrêmes et de $150^m,30$ entre les extrémités des parapets.

L'aqueduc de Montreuillon est un ouvrage d'art d'une grande hardiesse, admirablement conçu et exécuté et réunissant les conditions les plus satisfaisantes de stabilité et d'élégance.

8° *Ancien bassin de la Marine nationale, sur la Nièvre, à son confluent avec la Loire.*
(Photographie.)

La marine nationale, à l'époque où le bois était utilisé pour la fabrication du fer avait des installations importantes dans la région boisée de la Nièvre pour la préparation de ses fers. L'usine qu'elle avait installée à Guérigny existe toujours, malgré la transformation des procédés usités pour la production du fer, et l'on doit prochainement lui adjoindre une aciérie.

La marine nationale possédait, en outre, à Nevers, une importante fonderie de canons qui a été réunie à l'usine similaire de Ruelle.

La marine effectuait alors d'importants transports par eau de Nevers à Indret et aux autres grands chantiers de construction situés dans la région de la Loire inférieure.

Afin que les opérations de chargement en bateau de pièces lourdes et grosses pussent se faire en eau calme ou relativement calme, on dut créer un petit port débouchant dans la Loire et l'on choisit pour l'emplacement de ce port l'embouchure de la rivière de la Nièvre dans la Loire.

En aval du point où les deux bras de la Nièvre se réunissent, on a disposé un bassin muni de quais verticaux avec terre-pleins, limité, du côté de la Loire, par des digues de protection contre le fleuve et, du côté opposé, par les bâtiments destinés au logement des agents de la marine préposés aux chargements.

Les quais et les cales de tirage, établis à peu près parallèlement aux digues de protection, ont un développement de 400 mètres; la superficie des terre-pleins est de 7 000 mètres carrés, correspondant à une largeur moyenne de $17^{m},50$.

Les digues de protection, après s'être développées à peu près parallèlement à l'axe du fleuve, présentent un retour brusque presque à angle droit, afin de fermer, du côté d'aval, l'espace qui sépare ces digues des quais de la ville.

Dans la partie des digues en retour on a établi des portes de garde qui permettent, lorsqu'elles sont ouvertes, de laisser écouler dans le fleuve les eaux de la rivière et qui empêchent, lorsqu'elles sont fermées, les eaux de crue du fleuve de pénétrer dans le bassin créé comme il vient d'être indiqué.

Afin d'assurer l'écoulement des eaux de la Nièvre lorsque les portes sont fermées, les eaux sont envoyées dans un canal de dérivation prenant naissance sur la Nièvre à quelques kilomètres au-dessus de son embouchure et débouchant dans la Loire en amont du bassin.

Deux barrages à vannes conjuguées permettent de faire écouler les eaux de la rivière dans l'une ou l'autre direction.

Les portes de garde du port d'embarquement sont divisées en deux étages, afin de faciliter la manœuvre et de n'avoir à fermer les vantaux supérieurs que quand la hauteur prévue pour la crue dépasse le niveau des vantaux de l'étage inférieur.

Contre les digues insubmersibles, du côté du fleuve, se trouve un des anciens ports de Nevers très fréquenté lorsque la navigation de la Loire existait encore.

Aujourd'hui il ne stationne plus sur le fleuve, le long de ce port, que des bateaux-lavoirs et les terre-pleins voisins ne servent qu'à étendre le linge.

Ces bateaux-lavoirs, lorsque des eaux ou des glaces d'une importance exceptionnelle sont annoncées, se réfugient dans l'ancien port de la marine nationale, qui a été cédé en 1879 au service des ponts et chaussées, navigation de la Loire.

La création du port d'embarquement remonte à la première moitié du siècle dernier.

La photographie exposée représente le port d'embarquement de la marine nationale et le port de la Loire qui en est voisin.

IV

PORTS MARITIMES

§ 1. — Ports de commerce.

Renseignements généraux.

Les transports maritimes ont pris, au cours du siècle dernier, une extension considérable qui tient surtout au développement des relations entre l'Amérique et l'Europe. Cette extension a conduit à augmenter dans de larges proportions les dimensions des anciens ports, à créer de nouveaux bassins à flot et de nouvelles darses et à établir des ports nouveaux.

D'un autre côté, l'augmentation toujours croissante des dimensions des navires a exigé l'exécution de très nombreuses modifications dans les ouvrages des ports : allongement et élargissement des écluses, augmentation de la hauteur d'eau sur les seuils, approfondissement des bassins entraînant l'augmentation de la hauteur des murs de quai, approfondissement des chenaux d'entrée dans les ports.

Pour faciliter le mouvement de la navigation, les chenaux d'entrée d'un assez grand nombre de ports ont dû être rectifiés, élargis et quelques-uns évasés.

D'autre part, l'augmentation du trafic des ports a exigé impérieusement que les navires n'occupassent pas trop longtemps une place à quai ; d'où la nécessité de débarquer et d'embarquer promptement les marchandises, et par suite, d'établir à cet effet un outillage spécial et des voies de fer destinées à permettre d'évacuer rapidement les marchandises déposées sur les quais.

Le développement du matériel naval a conduit à établir de nombreuses cales de construction et un grand nombre d'appareils de radoub : grils de carénage, cales et formes de radoub.

Enfin, les perfectionnements apportés aux procédés de construction, notamment l'usage de gros blocs artificiels en béton ou en maçonnerie ont permis d'établir un grand nombre de digues de protection.

Sous le Consulat et l'Empire, les ports de Hambourg, Flessingue, Anvers et Ostende sont l'objet d'améliorations importantes, ayant pour but le développement de la marine nationale.

Les ports de Dunkerque, de Calais, de Boulogne, de Dieppe, du Havre, des Sables-d'Olonne, de la Rochelle, de Bayonne et de Saint-Jean-de-Luz sont approfondis.

Sous la Restauration, des travaux d'amélioration sont exécutés dans les ports du Havre, de Dieppe, de Fécamp, de Dunkerque, de Boulogne, de Calais, de Granville et de Cette.

Sous le règne de Louis-Philippe, une somme de 120 millions de francs est affectée à des travaux importants exécutés dans les ports de Dunkerque, Calais, Boulogne,

Dieppe, Fécamp, le Havre, Rouen, Honfleur, Cherbourg, Saint-Malo, Granville, Lorient, Saint-Nazaire, les Sables, la Rochelle, Bordeaux, Bayonne, Port-Vendres, Cette et Marseille.

Ces travaux étaient le commencement de l'exécution d'un programme plus important qui fut poursuivi et complété ultérieurement. C'est de ce moment que date la prospérité croissante des ports du Havre et de Marseille.

Le Gouvernement eut la pensée de doter notre nouvelle colonie de l'Algérie de ports qui lui manquaient; Raffeneau de Lisle reçut la mission d'étudier la question et fit la reconnaissance de tous les mouillages situés à l'est d'Alger : Bougie, Djijelly, Collo, Stora, Philippeville, Bône, la Calle. Raffeneau de Lisle présenta un grand nombre de projets, mais s'attacha principalement au port d'Alger et prépara les matériaux destinés à cette création.

Sous la République de 1848, les ports de Dunkerque, du Havre et de Marseille sont dotés de subsides s'élevant à 30 millions de francs environ.

Sous le second Empire, une grande impulsion est donnée à l'amélioration des ports de commerce, auxquels il est consacré une somme de 230 millions de francs. Cette impulsion était la conséquence obligée des traités de commerce qui avaient triplé le chiffre des importations et des exportations.

Des améliorations importantes sont apportées aux dispositions des ports de Dunkerque, Boulogne, Dieppe, Bayonne, Saint-Jean-de-Luz, Nice et Bastia.

Le port de Saint-Nazaire, qui n'était qu'ébauché, se développe. De nouveaux bassins sont créés au Havre. On construit à Bordeaux un bassin à flot et une forme de radoub. Les travaux de défense de la pointe de Grave sont poursuivis avec succès. Le port de la Joliette, à Marseille, reçoit des développements importants.

Sous la troisième République, de 1871 à 1878, les ports de commerce sont l'objet d'une dotation de 114 millions de francs. Cette dotation est consacrée principalement aux ports de Dunkerque, Dieppe, le Havre, Rouen, Honfleur, Brest, Saint-Nazaire, les Sables, Bordeaux, Bayonne, Saint-Jean-de-Luz et Marseille.

Les ports de commerce ne furent pas oubliés dans le programme de Freycinet; la somme totale exigée pour l'exécution complète des travaux compris dans ce programme s'élevait à 400 millions, dont 394 millions pour les ports proprement dits et 6 millions pour les phares et balises.

Les ports de Dunkerque, Calais, Boulogne, Dieppe, sont complètement transformés; le port du Havre reçoit de nouveaux agrandissements; le canal de Tancarville est créé. Le port de Rouen reçoit des développements fort importants. Les ouvrages des ports de Saint-Malo et de Saint-Servan sont complétés.

La rade de Saint-Nazaire est améliorée. Une forme de radoub est construite dans le port et une nouvelle entrée est construite. Le port de La Pallice est créé.

Les quais de Bordeaux sont complétés, le port reçoit un outillage perfectionné et les passes qui y donnent accès sont approfondies. Cette et Marseille reçoivent de nouveaux perfectionnements.

Les ports de moindre importance sont également l'objet d'améliorations notables.

Les principales modifications qui ont été apportées aux ouvrages des ports, dans le courant du siècle dernier, sont les suivantes :

Augmentation des dimensions des écluses et de leurs portes;

Reconstruction des ponts mobiles;

Augmentation de la hauteur des murs de quai;

Approfondissement des avant-ports, des bassins et des passes;

Élargissement des chenaux d'entrée ;
Reconstruction des jetées ;
Établissement de digues de protection;
Établissement de nouveaux appareils de radoub et de cales de construction ;
Établissement de bassins de chasse et construction d'un matériel de dragage ;
Établissement d'appareils mécaniques pour la manœuvre des portes d'écluse et des ponts tournants ;
Établissement d'un outillage spécial pour faciliter les mouvements ainsi que le chargement et le déchargement des navires ;
Création de voies de port permettant de dégager rapidement les terre-pleins des quais ;
Construction de hangars et de magasins.

L'augmentation de la largeur des écluses et de la hauteur d'eau sur les seuils a été considérable ; on en jugera par les chiffres suivants, se rapportant aux écluses du Havre construites à différentes époques :

DÉSIGNATION DES ÉCLUSES	Hauteur d'eau sur les seuils (cotée par rapport au zéro des cartes)	LARGEUR
	Mètres.	Mètres.
Ancienne écluse Notre-Dame	+ 2,40	12,99
Ecluse de la Barre, construite en l'an X	+ 1,15	13,64
Ecluse de la Floride, construite en 1847	+ 0,15	21,00
Ecluse des Transatlantiques, construite en 1868	— 2,85	30,50
Nouvelle écluse projetée	— 4,00	

La longueur des sas a aussi été considérablement augmentée; elle est de 165 mètres à La Pallice, de 170 mètres à Dunkerque et de 225 mètres dans la nouvelle écluse projetée au Havre.

L'élargissement des écluses et des entrées des darses a conduit à augmenter la portée des ponts mobiles destinés à maintenir les communications au-dessus de ces ouvrages : ponts à bascule, à soulèvement, tournants ou roulants.

Ces ouvrages sont aujourd'hui presque exclusivement construits en fer ou en acier.

En France, il n'existe guère que des ponts tournants.

La portée de ces ponts varie généralement de 18 à 50 mètres, qui est la portée du pont tournant de la passe d'Arenc à Marseille. Il existe des ponts d'une plus grande portée dans les ports de guerre, la portée du pont de la darse Missiessy à Toulon est de 50^{m},50 ; celle du pont de la Penfeld à Brest atteint 106 mètres.

Les chiffres suivants donneront une idée de l'élargissement qu'il a fallu réaliser dans les chenaux d'entrée des ports :

La largeur entre les jetées a été successivement augmentée, au Havre de 32 mètres à 70 mètres ; à Fécamp de 40 mètres à 70 mètres ; à Boulogne de 100 à 135 mètres. Il a été établi, dans le courant du siècle dernier, un assez grand nombre de digues de protection. Ces digues sont, le plus souvent, constituées au moyen d'un massif d'enrochements naturels protégé contre l'action des lames par un revêtement de blocs artificiels.

La hauteur du couronnement de ces digues au-dessus du niveau des basses mers varie de 12 à 20 mètres, dans les ports de France et d'Algérie.

Le développement de la navigation a conduit à installer dans les ports un très grand nombre de cales de construction et d'appareils de radoub ; l'augmentation des dimensions des navires a, d'autre part, entraîné l'augmentation des dimensions de ces ouvrages.

La longueur totale des formes de radoub, dans les grands ports français, varie aujourd'hui de 120 à 202 mètres et la largeur des écluses d'entrée varie de $10^{m},45$ à 22 mètres. La hauteur d'eau sur les seuils, à pleine mer de vive eau, est comprise entre 6 mètres et $8^{m},90$.

La nécessité d'approfondir les chenaux d'entrée dans les ports et d'y maintenir les profondeurs normales a conduit à établir de grands bassins de chasse et des dispositifs de chasse très ingénieusement combinés.

L'insuffisance des chasses et l'abaissement du prix des dragages ont eu, plus tard, pour conséquence, l'emploi à peu près exclusif des dragages pour assurer l'entretien des profondeurs dans les ports et dans les chenaux d'accès.

On a installé, à cet effet, dans les ports un matériel d'appareils de dragage.

Les perfectionnements apportés dans la construction de ces appareils ont permis d'abaisser, dans une proportion considérable, les prix de revient des dragages.

Ces prix varient de $0^{fr},29$ à $0^{fr},81$ par mètre cube, pour les dragues à godets, et de $0^{fr},17$ à $0^{fr},32$ pour les dragues à succion.

L'outillage destiné à accélérer le passage des navires dans les pertuis et dans les écluses comprend des cabestans placés sur les musoirs des ouvrages et des appareils destinés à manœuvrer rapidement les portes d'écluse et les vannes de ces portes, ainsi que les ponts mobiles établis au-dessus des écluses et des pertuis.

L'outillage ayant pour but de rendre plus rapides les opérations de chargement et de déchargement des navires comprend des grues fixes et mobiles et des bigues destinées à soulever de lourds fardeaux.

L'outillage destiné à dégager rapidement les terre-pleins des quais comprend le réseau des voies ferrées établies sur les quais et se raccordant avec des gares maritimes ou avec les gares de marchandises des chemins de fer aboutissant aux ports.

Des hangars sont établis sur les quais pour abriter les marchandises pendant leur manutention, ou pour constituer des magasins où elles sont conservées.

L'éclairage des passes et des quais fait également partie de l'outillage des ports.

Les cabestans, les portes d'écluse et leurs vannes, les ponts mobiles ainsi que les appareils de chargement et de déchargement peuvent être manœuvrés à bras ou au moyen d'engins mécaniques.

L'usage des appareils mécaniques se développe rapidement. Ces appareils peuvent être actionnés, soit directement par la vapeur, soit par l'eau sous pression, soit par l'air comprimé ou l'électricité.

L'emploi direct de la vapeur exige un générateur et un moteur pour chacun des engins et la présence du générateur près des navires constitue un danger.

Avec l'eau sous pression, l'air comprimé ou l'électricité, la force motrice est produite dans une usine centrale et le transport de cette force s'effectue, à de très grandes distances, par des canalisations en fonte ou des fils conducteurs.

L'eau sous pression est employée presque exclusivement dans les ports français.

Les engins mus par l'eau sous pression sont de trois catégories différentes, savoir :

Appareils à action directe;

Appareils funiculaires, agissant par l'intermédiaire d'une chaîne enroulée sur deux moufles à un ou plusieurs rias;

Appareils à mouvement de rotation continue.

Les cabestans hydrauliques sont toujours commandés par des machines rotatives, ils sont généralement disposés de manière à pouvoir être actionnés à bras.

La manœuvre des portes d'écluse se fait, en général, au moyen d'appareils funiculaires, celle des vannes s'effectue au moyen d'appareils à action directe.

Les appareils destinés au chargement et au déchargement des navires sont aujourd'hui actionnés, dans le plus grand nombre de cas, par la vapeur, par l'air comprimé ou par l'électricité.

Les engins les plus employés sont des grues de faible puissance, de 750 à 1 200 kilogrammes, qui permettent de manutentionner la plupart des marchandises constituant le trafic normal des ports. Quelques engins de 3 000 à 5 000 kilogrammes sont en outre installés sur les quais.

L'embarquement et le débarquement des chaudières, de certaines machines, des locomotives et des canons nécessitent l'installation d'engins très puissants dans les grands ports. Ces engins consistent quelquefois en grues tournant autour d'un axe vertical, le plus souvent ils affectent la forme de bigues ou de mâtures.

Il existe une bigue de 100 tonnes au Havre et une de 120 tonnes à Marseille.

Les voies ferrées établies sur les quais comprennent des voies de chargement et de déchargement, des voies de garage et des voies de circulation. Dans certains ports, des voies de triage sont également disposées sur les terre-pleins des quais.

Les hangars construits sur les quais ont pour objet, à la fois, de protéger les marchandises contre les intempéries, de faciliter le gardiennage et d'empêcher les vols. Ils permettent, en outre, d'opérer le chargement et le déchargement des navires par tous les temps et de réduire, par suite, la durée du stationnement des navires à quai.

Pour satisfaire à ces divers objectifs, il y a avantage à placer les hangars à peu de distance de l'arête des quais et à les clore entièrement, mais il n'est pas toujours possible de réaliser ces dispositions.

En fait, la distance entre l'arête du quai et le hangar varie de $1^m,50$ à 16 mètres dans nos ports. Elle est de $1^m,50$ au hangar de la citadelle au Havre, de 6 mètres à $7^m,25$ à Marseille; de 10 mètres au bassin Bellot, au Havre; de $14^m,90$ à Dunkerque; de $15^m,50$ à Calais; de $15^m,80$ à Rouen et de 16 mètres à Dieppe.

Les hangars sont établis sur toute la longueur des quais à desservir ou discontinus.

Au Havre, au bassin Vauban, les hangars sont continus. Il existe des hangars discontinus à Dunkerque et au Havre.

La longueur des hangars varie de 120 mètres à 150 mètres à Dunkerque et de 77 mètres à 160 mètres au Havre.

La distance comprise entre deux hangars consécutifs est de 14 mètres à Dunkerque et de 40 mètres au Havre.

Dans certains cas, comme à Marseille, les hangars sont pourvus d'un étage.

Des magasins, destinés à contenir des marchandises diverses, sont souvent établis sur les rives des bassins; ils ont l'avantage de réduire au minimum les frais de manutention que supportent, à leur arrivée, les marchandises entreposées.

Jusqu'à une époque assez récente, on se bornait, dans les ports, à éclairer les chaussées; depuis quelques années, au contraire, on a donné à l'éclairage une grande extension, dans le but de permettre, à la fois, aux navires d'évoluer en toute sécurité

pendant la nuit et d'effectuer, à toute heure, les opérations de chargement et de déchargement.

Des foyers électriques puissants, placés à une hauteur assez grande, éclairent, dans des conditions satisfaisantes, les surfaces des avant-ports et des bassins. D'autres foyers, d'intensité moindre, sont disposés sur les terre-pleins et dans les hangars.

Les ports du Havre, de Dunkerque, de Calais, de Boulogne, de Honfleur, de Rouen, de La Pallice et de Bordeaux sont pourvus d'un système très complet d'éclairage électrique.

Tous les travaux exécutés, pendant le siècle dernier, dans les ports de commerce, sont l'œuvre du corps des ponts et chaussées. Ces travaux fort importants mettent en relief la haute science et l'expérience des ingénieurs, ainsi que les connaissances techniques et le zèle des conducteurs et agents placés sous leurs ordres.

Parmi les ingénieurs qui ont illustré leur nom dans la construction de nos ports, nous nous bornerons à citer les plus anciens : Saint-Genis, Jousselin, Sganzin, Minard, Cochin, Fouque-Duparc, Eustache, Leclerc, Frissard, Gayant, Cordier, Raffeneau de l'Isle, Haudry, Garchon, Bernard, Reibell, Noël, Tostain, de la Rue, Poirel, Jégou d'Herbeline, Garnier, Mallet, Violet, Montluisant, Goury, Don, Garella, Kolb, Béguin.

OBJETS EXPOSÉS :

Les exposants, en ce qui concerne les ports de commerce, sont au nombre de douze, savoir :

École des ponts et chaussées.
(M. l'inspecteur général Ricour, directeur ; M. l'inspecteur général de Dartein, inspecteur.)

Service des ports de commerce du département de l'Aude.
(M. Bouffet, ingénieur en chef.)

Service des ports de commerce du département des Bouches-du-Rhône.
(M. Batard-Razelière, ingénieur en chef.)

Service des ports de commerce du département de l'Hérault.
(M. Guibal, ingénieur en chef.)

Service des ports de commerce du département d'Ille-et-Vilaine.
(M. Thiébaut, ingénieur en chef.)

Service des ports de commerce du département de la Loire-Inférieure.
(M. Pocard-Kerviler, ingénieur en chef.)

Service des ports de commerce du département de la Manche.
(M. Gouton, ingénieur en chef.)

Service des ports de commerce du département du Nord.
(M. Barbé, ingénieur en chef.)

Service des ports de commerce du département du Pas-de-Calais.
(M. Thanneur, ingénieur en chef.)

Service des ports de commerce et du littoral du département de la Seine-Inférieure, entre le cap de la Hève et la limite de l'arrondissement d'Yvetot, port du Havre.
(M. Vétillart, ingénieur en chef.)

Service des ports de commerce et du littoral du département de la Seine-Inférieure, entre la limite de l'arrondissement d'Yvetot et le Tréport, ports de Dieppe et du Tréport.
(M. Lechalas, ingénieur en chef.)

Service de la navigation de la Seine maritime, port de Rouen.
(M. Belleville, ingénieur en chef.)

I. — École des Ponts et Chaussées.

1° *Portes de l'écluse de 25 mètres d'ouverture, à Saint-Nazaire.*

(Modèle à l'échelle de 1/10.)

Ces portes présentent cette disposition particulière que les poteaux tourillons et busqués sont supprimés et remplacés par des emboîtures en tôle.

Chacun des vantaux a 13^{m},697 de largeur et 9^{m},90 de hauteur; la face d'aval est plane et la face d'amont est courbe.

Les portes, construites en 1856, ont été exécutées entièrement en sapin de Prusse; celles exécutées en 1858 ont été construites en bois de pitchpin.

2° *Porte à un vantail de l'écluse de Tancarville, du canal du Havre à Tancarville.*

(Modèle à l'échelle de 1/20.)

Le niveau du plan d'eau, dans le canal du Havre à Tancarville, est intermédiaire entre les pleines mers de vive eau et de morte eau au Havre, et entre les basses mers de vive eau et de morte eau à Tancarville. Afin de pouvoir opérer les sassements dans tous les états de la mer, chaque tête des écluses à sas a dû être munie de deux portes s'ouvrant, l'une dans un sens, l'autre en sens inverse.

L'écluse de Tancarville est munie de quatre portes à un seul vantail, mesurant 18^{m},75 de largeur, sur 9^{m},65 et 9^{m},25 de hauteur, pour les deux portes de flot, et 7^{m},85 et 7^{m},25 de hauteur pour les deux portes d'èbe.

Ces portes affectent la forme de bateaux-portes et peuvent flotter, elles tournent autour d'un poteau tourillon. Les portes de ce système sont plus faciles à ajuster et moins sujettes à avaries que les bateaux-portes ordinaires; elles ont été imaginées par M. Bellot.

Elles ont été exécutées par MM. Bellot et Quinette de Rochemont, ingénieurs en chef, et M. Maurice Widmer, ingénieur ordinaire.

3° *Écluse d'aval du bassin de mi-marée du port de Dieppe.*

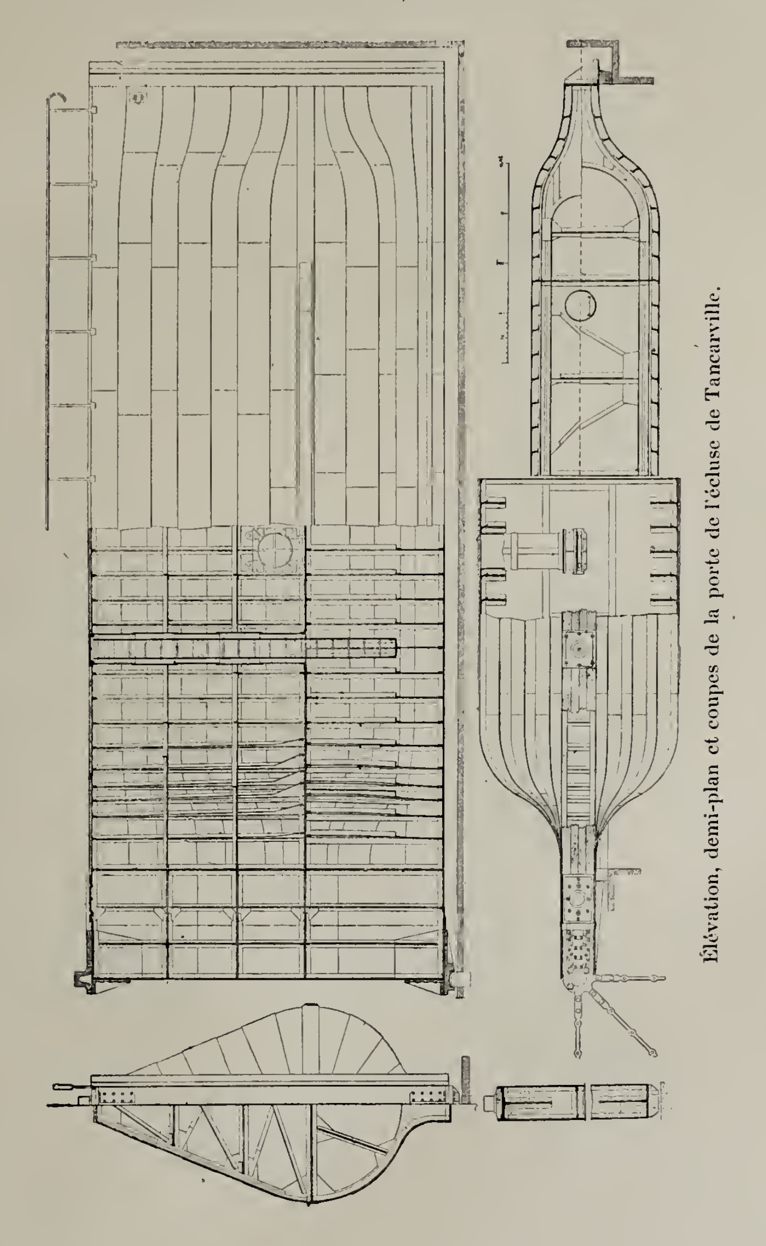
(Modèle à l'échelle de 1/25.)

L'écluse de mi-marée du port de Dieppe, qui met en communication le bassin de mi-marée avec l'avant-port, présente une longueur de 30 mètres et une largeur de 18 mètres entre les bajoyers.

IV. — PORTS MARITIMES

§ 1. — Ports de commerce.

Porte à un vantail de l'écluse de Tancarville, sur le canal du Havre à Tancarville.



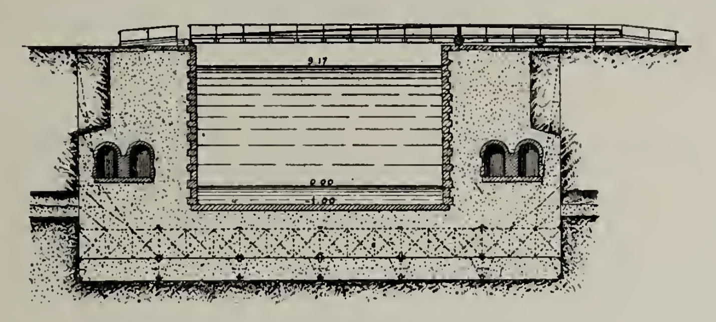
Élévation, demi-plan et coupes de la porte de l'écluse de Tancarville.

IV. — PORTS MARITIMES

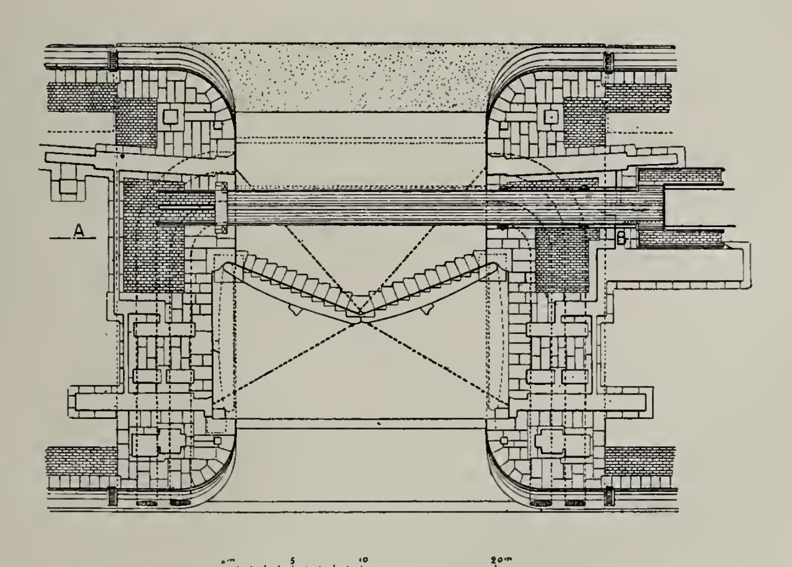
§ 1. — Ports de commerce.

Port de Dieppe.

Écluse d'aval du bassin de mi-marée.



Coupe de l'écluse.



Plan de l'écluse.

Le seuil, placé à un mètre en contre-bas du zéro des cartes marines, est couvert de $7^m,50$ d'eau par les plus faibles pleines mers, de près de 11 mètres par les vives eaux extraordinaires et de $5^m,50$ environ à mi-marée. Cette dernière hauteur est suffisante pour permettre le passage, environ trois heures avant et après la basse-mer, de la plus grande partie des caboteurs qui fréquentent le port de Dieppe. L'écluse est fermée par une paire de portes en tôle galvanisée. Les vantaux ont $10^m,508$ de hauteur sur $10^m,15$ de largeur; leur ossature est constituée par onze entretoises horizontales, y compris les entretoises inférieure et supérieure, et cinq entretoises verticales, y compris celles qui forment les poteaux busqués et tourillons.

Les pivots et colliers sont en fer forgé.

Les portes ont été construites par MM. Bellot et Alexandre, ingénieurs en chef, et MM. Alexandre, Gérardin et Colmet-Daage, ingénieurs ordinaires.

II. — **Service des ports de commerce du département de l'Aude.**

(Dessin indiquant l'état du port de La Nouvelle en 1770, en 1812 et en 1900, avec un plan figuratif dressé en 1723 et des sondages effectués à l'entrée du port en 1786, 1787, 1788, 1789, 1790 et en 1855, 1885 et 1899.)

Le port de La Nouvelle est constitué par un chenal de 2 200 mètres de longueur et 60 mètres de largeur, faisant communiquer, avec la mer Méditerranée, l'étang de Bages et Sigean et le canal de navigation dit « *Robine de Narbonne* ». Jusqu'en 1704, ce chenal n'était que le grau naturel de l'étang. A cette époque, on commence à fixer le grau par des môles en blocs naturels et à régulariser le chenal par des digues enrochées. Ces travaux se poursuivent pendant tout le dix-huitième siècle. En 1790, le chenal est bordé, des deux côtés, par des digues en enrochements et les jetées s'avancent en mer de 120 mètres au sud et de 150 mètres au nord. De 1818 à 1825, la jetée du sud est prolongée de 60 mètres et celle du nord de 40 mètres.

Jusqu'à cette époque la ville de La Nouvelle n'existait pas ; elle ne commença à se former qu'à partir de 1830, après la conquête d'Alger. Aujourd'hui elle compte 2 400 habitants et elle est en voie de développement très marqué.

A partir de 1877, on s'applique à améliorer notablement les conditions que le port offre à la navigation.

A cette époque, le chenal conservait assez bien, sans grands travaux de dragage, la profondeur de $3^m,50$ à 4 mètres, que les chasses naturelles y produisaient, quand l'étang se vidait après de fortes intumescences. L'entrée entre les musoirs prenait les mêmes profondeurs, mais, au premier coup de vent du large, la plage sous-marine s'égalisait et tendait à reprendre sa pente naturelle, de 1 mètre par 100 mètres. Il se formait aux abords des musoirs une barre ne laissant plus que des fonds de $2^m,50$ et quelquefois moins.

Pour parer à cet inconvénient, on prolonge les jetées jusqu'à une distance de 420 mètres du rivage, point où les fonds oscillent autour de la profondeur de $4^m,25$; la jetée du sud est prolongée de 240 mètres et celle du nord de 190 mètres ; on porte, en même temps, leur écartement à 100 mètres pour faciliter l'entrée des navires. Le prolongement de la jetée du nord devait laisser ainsi un écartement de 40 mètres entre son point de départ et son ancien musoir. Cet intervalle fut franchi par une estacade en charpente qui, en laissant passer la lame, évita le ressac que la divergence des jetées pleines n'eût pas manqué de produire.

Les jetées sont fondées sur un massif d'enrochements naturels revêtu, à l'extérieur, de blocs artificiels de 9 mètres cubes, en maçonnerie de chaux du Teil, et, à l'intérieur, de blocs naturels de 1 mètre cube à 1^{mc},50. Au-dessus des mers moyennes, les jetées sont formées d'un massif de 3^m,50 de hauteur et de 8 mètres de largeur au sommet, revêtu par une maçonnerie de 1 mètre d'épaisseur. Ces massifs sont couronnés, à la jetée nord, par une rangée de blocs, et, à la jetée sud, par une double rangée de blocs superposés.

Ces blocs, de 1^m,50 d'épaisseur, sont disposés du côté du large pour constituer un abri contre les lames. Les parapets ainsi constitués ont une hauteur de 1^m,50, sur la jetée du nord, et de 3 mètres sur la jetée du sud, qui est exposée aux fortes lames du sud-ouest.

A la suite de ces travaux, on procéda au curage du port jusqu'à la profondeur de 4 mètres.

Depuis lors, les navires de 3^m,50 de tirant d'eau entrent, en tout temps, dans le port, et ceux de 4 mètres, par temps maniable.

Ce résultat étant définitivement acquis et maintenu par des dragages d'entretien de 30 à 40 000 mètres cubes par an, on songea à améliorer les dispositions intérieures du port.

La ville de La Nouvelle s'étend uniquement sur le côté sud du chenal, qui est bordé par un quai de 25 mètres de largeur. Les opérations commerciales ne se font jusqu'ici que sur les 600 premiers mètres à partir de l'étang. Or, sur ce point, les navires de 700 tonneaux et de 60 à 65 mètres de longueur, qui fréquentent le port, ne pouvaient pas virer de bord pour prendre le large. On commença par former une gare d'évitage, de 70 mètres de longueur et de largeur, par l'élargissement du chenal du côté nord. Le quai nord se prêtant seul à la pose d'une voie de raccordement avec les rails de la Compagnie du Midi, on a entrepris de transformer la gare d'évitage en une darse à quais verticaux munis de voies ferrées.

Cette darse aura 200 mètres de longueur et 120 mètres de largeur à partir de l'arête du quai sud du port. Les quais régneront sur les deux côtés ouest et nord et seront fondés au moyen de blocs en maçonnerie superposés.

La nouvelle darse sera creusée à la profondeur de 4^m,50 et les murs des quais seront fondés à 6 mètres, en vue du creusement du chenal à cette profondeur, dans l'avenir, avec prolongement des jetées de 250 mètres vers le large qui reporterait les musoirs aux fonds naturels de 6^m,50. Le port pourrait alors recevoir des bateaux calant 5^m,50, soit les neuf dixièmes des navires de mer.

Aujourd'hui la partie du port utilisée par le commerce présente une surface de 3 hectares 1/2, au plan d'eau; les terre-pleins ont une surface de 1 hectare, en dehors de la voie charretière. La nouvelle darse portera ces superficies à 5 hectares pour le plan d'eau et à 2 hectares 1/2 pour les terre-pleins.

Le mouvement commercial du port, avant le prolongement des jetées, était, pour les entrées et pour les sorties, de 1 000 à 1 400 navires jaugeant de 56 à 73 tonneaux. En 1897, le nombre des navires atteignait le chiffre de 1 315. Ils jaugeaient ensemble 117 588 tonneaux et portaient 57 980 tonnes de marchandises.

---

§ 1. — Ports de commerce.

Port de Marseille.



Plan des bassins de Marseille.

III. — Service des ports de commerce du département des Bouches-du-Rhône : Port de Marseille.

(Dessins concernant divers ouvrages du port de Marseille en 1800 et en 1900.)

Les dessins exposés ont pour but de faire ressortir le développement successif du port de Marseille et les progrès réalisés pendant le cours du dix-neuvième siècle.

Ces dessins sont au nombre de huit, savoir :

Situation du port en 1800.	I. Plan du port. II. Élévation d'un pont-levis sur le canal des Douanes. III. Élévation du phare du Planier. IV. Vue de la machine à mâter les vaisseaux.
Situation du port en 1900.	V. Plan du port. VI. Élévation du pont tournant d'Arenc. VII. Élévation du phare du Planier. VIII. Vue de la bigue de 120 tonnes.

A ces dessins est joint un diagramme représentant l'accroissement du mouvement maritime et commercial des bassins et des quais.

1° *Agrandissements successifs du port.*

(Dessins I et V.)

En 1800, le port de Marseille ne se composait que d'un seul bassin, dont la surface d'eau n'était que de 28^{Ha},50, le Port-Vieux. La longueur des quais n'était que de 2900 mètres et la surface des terre-pleins de 3^{Ha},57.

Le port a reçu successivement les agrandissements suivants :

Construction du bassin de la Joliette, achevé en 1853;

Construction des bassins du Lazaret, d'Arenc et de la gare maritime, achevés en 1864;

Construction du bassin National, achevé en 1883;

Construction de l'avant-port, achevé en 1890.

Le port comprend, en outre, un bassin de réparations à flot et 6 formes de radoub.

La surface d'eau des bassins atteint aujourd'hui 150^{Ha},08, la longueur des quais 18160 mètres et la superficie de terre-plein 74^{Ha},16.

La grande digue abritant les nouveaux bassins a une longueur totale de 3595 mètres.

On construit en ce moment un nouveau bassin, le bassin de la Pinède, de 600 mètres de longueur et de 500 mètres de largeur et l'on prolonge la digue de protection vers le nord d'une longueur de 550 mètres.

2° *Ponts mobiles.*

(Dessins II et VI.)

Comme ponts mobiles, il n'existait en 1800 que les ponts-levis ou ponts basculants en charpente du canal des Douanes, qui couvraient des passes de 7^{m},80 de largeur et que l'on manœuvrait à bras. (Dessin II.)

Il existe aujourd'hui, dans les nouveaux bassins, plusieurs ponts tournants métalliques qui sont manœuvrés au moyen de l'eau comprimée. Le plus important de ces

ouvrages est le pont tournant d'Arenc (dessin VI). Ce pont couvre une passe de 50 mètres de largeur et le poids du tablier est de 1 300 tonnes.

3° *Outillage.*

(Dessins IV et VIII.)

En 1800, le port ne possédait, comme outillage, qu'une machine à mâter les vaisseaux, en charpente, qui était manœuvrée à bras (dessin IV). Il possède aujourd'hui 143 appareils de manutention, fixes ou flottants, actionnés par la vapeur ou par l'eau comprimée et dont le plus important est la grande bigue métallique de 120 tonnes (dessin VIII).

Il existe sur les quais de nombreux hangars et magasins publics, dont la superficie totale des planchers s'élève à 275065 mètres carrés. Les quais sont desservis par des voies ferrées dont le développement total atteint 43600 mètres.

Il est rendu compte plus loin, au paragraphe 3 du présent chapitre, concernant les phares et les balises, des transformations qu'a subies le phare du Planier.

4° *Développements du mouvement du port.*

(Diagramme IX.)

Le développement du mouvement du port ne date en réalité que de 1816.

A cette époque, le tonnage de jauge des navires entrés et sortis n'est encore que de 611811 tonneaux. Ce tonnage augmente lentement, mais très régulièrement, jusqu'en 1830. La progression s'accentue à partir de cette époque d'une façon très notable et se maintient sensiblement à la même allure jusqu'en 1877. De 1877 à 1891 l'augmentation devient beaucoup plus rapide, il se produit ensuite un arrêt brusque et le mouvement reste à peu près stationnaire de 1892 à 1895; à partir de ce moment il reprend sa marche ascendante et atteint 12074132 tonnes en 1898.

Le développement du trafic commercial a suivi une progression analogue; le poids total des marchandises entrées et sorties par mer s'est élevé, en 1898, au chiffre de 6274752 tonnes.

La population de la ville de Marseille, qui n'était que de 90500 habitants en 1800, s'élevait à 442200 habitants en 1896.

IV. — Service des ports de commerce du département de l'Hérault : Port de Cette.

(Plan du port de Cette faisant ressortir son développement en 1800, 1820, 1840, 1860, 1875 et 1900.)

L'exposition rétrospective du port de Cette comprend six plans faisant connaître son développement en 1800, 1820, 1840, 1860, 1875 et 1900, dates choisies en vue de faire ressortir l'importance des travaux exécutés successivement au cours du dix-neuvième siècle.

Tous ces plans sont dressés à l'échelle de 0,0002 par mètre.

Les dimensions des principaux ouvrages du port : jetées, bassins, quais, avant-port et rade, à ces différentes époques, sont données dans le tableau suivant :

DÉSIGNATION DES DIMENSIONS DES OUVRAGES	1800	1820	1840	1860	1875	1900
Longueur des jetées	575^{m}	1 025^{m}	1 725^{m}	1 725^{m}	1 825^{m}	2 720^{m}
Longueur des quais. de 0 à 3 mètres.	3 100^{m}	3 100^{m}	3 100^{m}	4 850^{m}	4 600^{m}	3 950^{m}
Longueur des quais. de 3 à 5 mètres.	»	»	»	1 680^{m}	3 950^{m}	5 000^{m}
Surface des terre-pleins	26 000^{mq}	26 000^{mq}	26 000^{mq}	56 000^{mq}	89 600^{mq}	95 000^{mq}
Surface d'eau. Bassins... de 0 à 3 mètres.	12^{Ha},50	12^{Ha},50	12^{Ha},50	12^{Ha},50	12^{Ha},00	9^{Ha},00
Surface d'eau. Bassins... de 3 à 5 mètres.	8^{Ha},00	8^{Ha},00	8^{Ha},00	8^{Ha},00	25^{Ha},00	»
Surface d'eau. Bassins... de 5 à 7 mètres.	»	»	»	»	8^{Ha},00	36^{Ha},00
Surface d'eau. Avant-Port. de 3 à 5 mètres.	»	13^{Ha},00	14^{Ha},50	»	»	»
Surface d'eau. Avant-Port. de 4 à 6 mètres.	»	»	»	12^{Ha},00	14^{Ha},00	»
Surface d'eau. Avant-Port. de 5 à 7 mètres.	»	»	»	»	»	11^{Ha},00
Surface d'eau. Rade..... de 4 à 6 mètres.	»	»	12^{Ha},00	11^{Ha},00	13^{Ha},00	»
Surface d'eau. Rade..... de 6 à 8 mètres.	»	»	»	»	»	28^{Ha},00

V. — Service des ports de commerce du département d'Ille-et-Vilaine.

(Plans comparatifs de la ville et du port de Saint-Malo en 1800 et 1900.)

L'intérêt que présente la comparaison de ces deux plans consiste surtout à faire ressortir la transformation considérable que la baie de Saint-Malo a subie par suite des travaux exécutés dans le cours du dix-neuvième siècle.

En 1800, la baie comprise entre Saint-Malo et Saint-Servan ne présente qu'une grève tantôt à sec, tantôt couverte par la mer, et, pour se rendre par terre de Saint-Malo à Saint-Servan, on est obligé de suivre le sillon qui réunit au continent le rocher de Saint-Malo, puis le rivage est de la baie.

Cette disposition des lieux se prêtait au développement du port de Saint-Malo. Les navires se rangeaient le long des remparts ouest de la ville et du sillon et ils reposaient, à mer basse, sur un fond de sable excellent pour l'échouage. Saint-Malo a atteint au dix-huitième siècle, surtout grâce à ses corsaires, une prospérité et un renom qui en faisaient presque le premier port de la Manche.

Après 1815, la paix ayant supprimé les corsaires, la baie naturelle de Saint-Malo parut insuffisante pour les besoins de la navigation.

On protège d'abord l'entrée de la baie par un môle terminé vers 1836, on songe ensuite à transformer la baie en un vaste bassin à flot.

Le projet dressé à cet effet comporte la fermeture de la baie par deux barrages aboutissant à deux écluses.

Ce projet reçoit un commencement d'exécution; les deux écluses sont construites de 1848 à 1857 et existent encore.

A la suite de diverses difficultés, les unes d'ordre technique, les autres provenant de la rivalité des villes de Saint-Malo et de Saint-Servan, on renonce au bassin unique et l'on se décide à créer deux bassins à flot, un pour chaque ville. Les écluses donnant accès dans ces bassins sont réunies par une digue insubmersible. La grève comprise entre cette digue et celles limitant les bassins de Saint-Malo et de Saint-Servan, cons-

titue un vaste réservoir mis en communication, par une écluse, avec le bassin de Saint-Servan et servant à la réparation des navires.

Ces travaux ont été terminés en 1885.

Antérieurement, vers 1860, le sillon avait été élargi du côté de la baie et bordé d'un mur de quai.

Les progrès réalisés, au point de vue maritime, et aussi au point de vue des communications par terre, ont été considérables.

La ville de Saint-Malo est sensiblement restée à la fin du dix-neuvième siècle ce qu'elle était au commencement. Ses rues étroites et tortueuses, enserrées dans une enceinte de remparts non susceptibles d'extension, lui conservent un cachet ancien. Les seuls progrès réalisés consistent dans l'éclairage au gaz d'une partie des rues et dans l'établissement d'une double canalisation d'eau.

L'eau non potable provient de l'étang de Marville, situé à proximité de la ville, près de la gare du chemin de fer.

L'eau potable est fournie, en quantité ordinairement suffisante, par plusieurs poches souterraines situées à quelques kilomètres de la ville. Le système d'égouts est encore rudimentaire. Les terrains remblayés de l'ancienne grève permettent aujourd'hui aux habitants de Saint-Malo de s'établir en dehors des murs. Il s'est ainsi créé de nouveaux quartiers qui se développent de plus en plus.

VI. — Service des ports de commerce du département de la Loire-Inférieure.

(Plan du port et de la ville de Saint-Nazaire.)

Le plan exposé fait ressortir, au moyen de quatre teintes différentes, la situation de la ville de Saint-Nazaire et des ouvrages du port en 1840, 1860, 1880 et 1900.

En 1840, avant le creusement du premier bassin, le port n'abrite que quelques chaloupes de pilotage.

En 1860, trois ans après le creusement du premier bassin, le mouvement de la navigation atteint 300 000 tonnes, et le nombre des habitants de la ville s'élève à 6000.

En 1880, au moment de l'achèvement du second bassin, le mouvement de la navigation est porté à 1 600000 tonnes et la population de la ville atteint 20 000 âmes.

En 1900, au moment de la création de la nouvelle entrée du port, le mouvement de la navigation atteint 2600000 tonnes et la population de la ville s'élève à 30000 habitants.

Le plan exposé rend compte, d'une manière saisissante, du développement prodigieux pris par la ville et par le port de Saint-Nazaire dans une période de cinquante années.

Saint-Nazaire, en 1850, simple village, ne comptait que 1000 habitants, c'est aujourd'hui une ville de 30000 âmes.

Le port, qui ne recevait en 1850 que quelques chaloupes de pilotage, donne lieu aujourd'hui à un mouvement comportant 2600000 tonneaux de jauge et il s'y manutentionne annuellement 2000000 de tonnes de marchandises.

VII. — Service des ports de commerce du département de la Manche.

1° *Port de Cherbourg.*

(Plan du port en 1800 et en 1900, avec coupes.)

Etat du port en 1800.

Le port s'ouvre à la mer par un chenal orienté nord-sud, d'une longueur de 700 mètres environ, sur une largeur de 40 mètres; le plafond est à la cote — 0^m,40 (au-dessous du niveau des plus basses mers).

Il ne reste de la jetée est, démolie en 1758 par les Anglais, qu'une partie des fondations. Dans la partie sud, sur les fondations subsistantes, on établit une digue de 400 mètres de longueur, construite en pierres sèches, avec les matériaux provenant de la démolition de l'ouvrage restés épars dans le chenal. Cette digue est déjà presque en ruines, elle a une largeur de 4 mètres à son couronnement établi à la cote + 8^m,50, c'est-à-dire à 1^m,40 au-dessus des plus hautes mers.

A l'ouest du chenal il n'existe qu'une levée de pierrailles à peine en saillie sur le niveau de la plage.

L'avant-port, d'une longueur de 200 mètres sur 180 mètres de largeur moyenne, est bordé de quais verticaux sur les côtés est, sud et ouest. Son plafond est à la cote + 1^m,20 à l'est, — 0^m,40 dans le chenal et + 2 mètres à l'ouest. Le quai est est entièrement occupé par la marine de guerre, le commerce n'a à sa disposition que le quai ouest, d'une longueur de 240 mètres environ.

Le bassin à flot a une longueur de 200 mètres environ et une largeur de 127 mètres. Son plafond est à la cote + 1^m,75. Il est entouré de murs de quais, sauf du côté sud où est établi un batardeau provisoire, soutenu par un mur en maçonnerie contre lequel est appuyée une cale pour le montage des canots.

Le bassin communique avec l'avant-port par une écluse simple, de 13 mètres de largeur, munie de portes d'èbe en bois et dont le seuil est à la cote + 0^m,70.

Un pont tournant, à double voie, met en communication les deux côtés de l'écluse.

Le bassin de retenue, destiné à permettre d'effectuer des chasses dans le chenal, présente une superficie de 3^{Ha},50; il communique avec l'avant-port par un canal voûté de 120 mètres de longueur environ, à l'extrémité duquel est l'écluse de chasse.

Etat du port en 1900.

En 1900, le chenal d'accès est approfondi à la cote — 1^m,80, sauf sur les rives ; sa largeur est de 50 mètres.

La jetée de l'est a une longueur de 450 mètres et une largeur de 6^m,85. Sa hauteur au-dessus du zéro des cartes marines varie de 8^m,50 à 9 mètres. Une tourelle en maçonnerie supportant un feu rouge est établie sur le musoir nord. Une partie de la jetée est à claire-voie avec un talus brise-lames construit en arrière.

Deux cales de construction sont adossées à cette jetée.

La jetée de l'ouest a 145 mètres de longueur, une largeur moyenne de 8 mètres et une hauteur au-dessus du zéro des cartes variant de 7^m,50 à 8 mètres. Un feu vert est établi sur le musoir de cette jetée.

L'avant-port a 360 mètres de longueur, sur 180 mètres de largeur moyenne. Il est bordé de quais de 685 mètres de développement utilisable. Son plafond est à la cote

— $1^{m},80$ dans la partie est jusqu'au chenal accédant à l'écluse, et à la cote — $0^{m},60$ à l'ouest.

La partie des terre-pleins des quais réservée aux opérations maritimes a une largeur de 12 mètres.

Des appontements en bois, de 50 mètres de long sur 20 mètres de large, sont établis le long du quai est.

Deux épis enracinés sur l'extrémité nord du quai ouest abritent une enceinte réservée aux petits bateaux de pêche.

Il existe une forme de radoub s'ouvrant entre le port d'abri et la jetée ouest. Elle a une longueur utile de 79 mètres ; l'écluse a une largeur de 14 mètres et son seuil est à la cote + $0^{m},60$.

Le bassin à flot a une longueur de 408 mètres et une largeur de 127 mètres ; les murs de quai ont un développement accostable de 810 mètres. Les terre-pleins ont une largeur de 12 mètres, non compris la chaussée de circulation en arrière.

Le plafond du bassin est à la cote — $1^{m},50$, sauf le long des quais où il existe une risberme à la cote $0^{m},00$.

Deux cales de construction et une cale de carénage sont établies dans la partie sud.

Une seconde écluse a été construite à côté de celle qui existait en 1800. Elle a 16 mètres de largeur et son seuil est à la cote — $1^{m},20$. Un pont à double voie charretière, d'une seule volée, franchit les deux passes.

Le pont, les portes et les engins de halage sont manœuvrés au moyen de l'eau comprimée.

Des voies ferrées desservent tous les quais est du bassin et de l'avant-port.

Le bassin des chasses n'a subi aucun changement depuis 1800. Comme on ne fait plus de chasses, il est utilisé pour emmagasiner, à pleine mer, les eaux de la rivière la Divette et éviter des débordements en temps de crue.

Comparaison des états du port en 1800 et en 1900.

Le tableau suivant résume la comparaison entre les états du port en 1800 et en 1900 :

INDICATION DES OUVRAGES		ÉTAT EN 1800	ÉTAT EN 1900	OBSERVATIONS
		Mètres.	Mètres.	
Largeur du chenal d'accès		40,00	50,00	
Cote du plafond du chenal		— 0,40	— 1,80	
Jetée de l'Est.	Longueur	400,00	450,00	Un feu rouge est établi sur le musoir de la jetée de l'Est, une partie de la jetée est à claire-voie, avec talus brise-lames.
	Largeur	4,00	6,85	
	Hauteur au-dessus du zéro des cartes.	1,40	8,50 à 9,00	
Jetée de l'Ouest.	Longueur	»	145,00	Un feu vert est établi sur le musoir de la jetée de l'Ouest.
	Largeur	»	8,00	
	Hauteur au-dessus du zéro des cartes.	»	7,50 à 8,00	
Avant-port.	Longueur	200,00	360,00	
	Largeur	180,00	180,00	
	Cote du plafond	— 0,40 à + 2,00	— 0,60 à — 1,80	
	Longueur de quai utilisable.	240,00	685,00	

INDICATION DES OUVRAGES		ÉTAT EN 1800	ÉTAT EN 1900	OBSERVATIONS
		Mètres.	Mètres.	
Forme de radoub.	Longueur utile...........	»	79,00	
	Largeur de l'écluse........	»	14,00	
	Cote du seuil............	»	+ 0,60	
Bassin à flot.	Longueur...............	200,00	408,00	Une risberme à la cote $0^m,00$ est ménagée le long des murs.
	Largeur.................	127,00	127,00	
	Cote du plafond..........	+ 1,75	— 1,50	
	Longueur de quai utilisable.	400,00	810,00	
	Largeur des terre-pleins...	12,00	12,00	
Ancienne écluse.	Largeur.................	13,00	13,00	
	Cote du seuil............	+ 0,70	+ 0,70	
Nouvelle écluse.	Largeur.................	»	16,00	
	Cote du seuil............	»	— 1,20	

2° *Port de Granville.*

Plan du port en 1900.

Le service des ports de commerce du département de la Manche avait l'intention de faire figurer, à l'exposition rétrospective de la Classe 29, les plans du port de Granville en 1800 et en 1900, mais le temps a manqué pour reconstituer le premier; le second, établi à l'échelle de 1/1000e, a dû être réduit à l'échelle de 1/2000e par suite de la réduction de la surface verticale primitivement accordée à la Classe 29.

Le plan exposé représente l'état du port en 1900, avec l'indication, en caractères rouges, des dates d'exécution des divers ouvrages construits pendant le dix-neuvième siècle.

Les principaux ouvrages exécutés pendant le siècle sont les suivants :

1° Jetée de l'ouest, dans la partie comprise entre le pan coupé et le môle isolé, en forme de chevron, construit au dix-huitième siècle sur les rochers de la Grande et de la Petite Meulière. — 1823 à 1834;

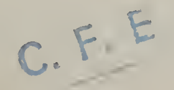
2° Prolongement de la jetée de l'ouest, avec retour vers l'est. — 1837 à 1841;

3° Bassin à flot. — 1845 à 1856;

4° Darse d'Orléans ou bassin supplémentaire. — 1870 à 1873;

5° Forme de radoub. — 1881-1886. — Cette forme s'ouvre dans le port d'échouage, vers le milieu du pan coupé compris entre la jetée de l'ouest et le quai nord. Sa longueur utile est de $62^m,65$; la largeur de l'écluse est de $14^m,30$ et son seuil est à la cote $+ 6^m,44$; le dessus des bajoyers est à la cote $+ 15^m,14$;

6° Élargissement du quai ouest du bassin à flot. — 1899 à 1900. Ce quai avait 20 mètres de largeur au niveau de la crête; un quai bas de 10 mètres de largeur, se terminant vers la jonction des quais nord et ouest par une cale de 60 mètres de longueur, y est accolé.



La largeur des quais a été portée à 24 mètres dans l'étendue de la cale; l'élargissement de 4 mètres a été obtenu par l'exécution d'un mur s'élevant au-dessus de la cale et laissant à celle-ci une largeur de 6 mètres. Sur les 66 mètres suivants, le quai a été élargi de 10 mètres par l'établissement d'un appontement en charpente couvrant le quai bas et composé de poteaux placés sur deux files parallèles au quai, espacés de 3 mètres et supportant des poutres en fer placées normalement au quai; ces poutres supportent des solives de $0^m,38$ sur $0^m,34$ d'équarrissage, portant des madriers et le platelage. Des ancrages traversant le quai établissent la solidarité entre cet ouvrage et l'appontement.

VIII. — Service des ports de commerce du département du Nord.

Cinq plans comparatifs donnant l'état du port et de la ville de Dunkerque en 1800, 1830, 1860, 1880 *et* 1900.

1° État du port en 1800.

En 1800 il n'existe, au port de Dunkerque, qu'un seul bassin à flot, le bassin de la Marine, construit par Vauban, d'une superficie de 3 hectares avec 700 mètres de quais en maçonnerie. L'écluse d'entrée et les murs de quai, démolis en partie en vertu des traités d'Utrecht et de Versailles, n'ont été rétablis qu'à la fin du dix-huitième siècle.

Le reste du port, soumis au régime des marées, présente, dans la partie amont, des murs de quai d'une longueur totale d'environ 800 mètres.

L'entrée du port n'est indiquée que par des balises en charpente établies sur les digues submersibles subsistant à l'emplacement des anciennes jetées détruites à la suite des traités d'Utrecht et de Versailles.

Dans le fond du port, l'écluse de Bergues ou d'arrière-port met le port de Dunkerque en communication avec les canaux intérieurs et sert également à l'évacuation à la mer des eaux des terres basses de la vaste région, désignée sous le nom de *waeteringues,* qui environne Dunkerque.

2° État du port en 1830.

En 1830, le port de Dunkerque ne possède encore que le bassin à flot de la Marine; un nouveau quai en maçonnerie, de 536 mètres de longueur, sur la rive droite du port d'échouage, a été ajouté aux quais existants. Des estacades en bois sont établies sur les deux rives aval de ce port. Des jetées en charpente surmontent les digues submersibles du chenal, elles sont coffrées sur la rive ouest.

Le port comprend, en outre, un bassin de retenue pour les chasses, le bassin Becquet, de 30 hectares de superficie, créé à l'entrée du port. L'écluse de chasse est composée de 5 pertuis, dont quatre de 4 mètres de largeur et un de 5 mètres, dont les seuils sont à la cote $+ 0^m,80$.

Un nouveau canal, le canal de la Cunette, assure l'écoulement à la mer des eaux de la 4e section des waeteringues à l'est et au sud de Dunkerque et des Moeres; l'écluse de Bergues ne sert plus qu'à l'écoulement des trois premières sections des waeteringues.

Le canal de la Cunette communique avec les canaux de Furnes, des Moeres et de

jonction avec la ville, dans lesquel les eaux se tiennent à des niveaux différents, par un sas octogonal comprenant quatre pertuis éclusés, avec portes d'èbe et de flot.

3° État du port en 1860.

En 1860, le port comprend trois bassins à flot, d'une superficie totale de 11 hectares, avec 1745 mètres courants de quais.

Les écluses de la citadelle et du barrage donnent accès dans les nouveaux bassins. La première, avec sas, a une largeur de 13 mètres et une longueur utile de 53 mètres, son seuil est à la cote — 0^m,45. La seconde est simple, elle a 21 mètres de largeur et son seuil est à la cote — 0^m,45.

Les estacades construites sur la rive droite du port d'échouage, près de l'écluse de la Cunette, sont remplacées par un quai en maçonnerie.

Les jetées sont prolongées de 200 mètres.

Un nouveau canal, le canal de dérivation, avec une écluse de mer, l'écluse du fort Revers, est établi à l'entrée du port, pour assurer l'écoulement des eaux des 1re, 2e et 3e sections des waeteringues.

L'écluse de Bergues ne sert plus qu'à la navigation.

4° État du port en 1880.

En 1880, le port comprend quatre bassins à flot d'une superficie d'eau totale de 16 hectares, avec des quais d'une longueur totale de 3295 mètres.

Ces bassins communiquent entre eux par des pertuis intérieurs, et, avec les canaux, par l'écluse de Bergues.

La communication avec la mer est assurée par les écluses de la citadelle et du barrage et par une nouvelle écluse à sas, l'écluse de l'ouest, de 21 mètres de largeur et de 117 mètres de longueur utile, dont le seuil est à la cote — 1^m,55.

Deux formes de radoub, de 109 mètres de longueur chacune, sont installées sur la rive ouest du port d'échouage.

Le port comprend, en outre, deux nouvelles écluses de mer, destinées à la fois aux desséchements et aux chasses, et établies l'une à l'est et l'autre à l'ouest du port.

5° État du port en 1900.

Le port de Dunkerque reçoit des développements considérables de 1880 à 1900 ; il comprend à cette dernière date :

- Sept bassins à flot ou darses ;
- Trois écluses à sas à la mer ;
- Quatre formes de radoub ;
- Une nouvelle jetée à l'est ;
- D'importants chantiers de construction du côté est du port ;
- Trois écluses faisant communiquer les bassins maritimes avec les canaux ;
- Un nouvel ouvrage de desséchement, le pertuis au nord du phare, remplaçant l'écluse du fort Revers.

Les sept bassins à flot ont une superficie totale de 43 hectares, avec un développement de quais en maçonnerie de 8109 mètres, comportant une superficie de 56 hec-

tares de terre-pleins affectés à la manutention des marchandises. Ces quais sont desservis par 46 kilomètres de voies ferrées.

Les trois écluses à la mer permettent d'entrer dans les bassins à toute heure de la marée, grâce aux profondeurs réalisées dans le port et dans le chenal, par voie de dragages.

Les dimensions de ces écluses sont indiquées dans le tableau suivant :

DÉSIGNATION DES ÉCLUSES	LARGEUR	LONGUEUR UTILE	COTE DU RADIER	TIRANT D'EAU EN VIVE EAU
	Mètres.	Mètres.	Mètres.	Mètres.
Ecluse de Trystram.......	25,00	170,00	— 5,00	9,90
Ecluse de l'Ouest.........	21,00	117,00	— 1,55	6,45
Ecluse de la Citadelle.....	13,00	53,00	— 0,15	5,35

Les quatre formes de radoub ont les dimensions indiquées ci-après :

DÉSIGNATION DES FORMES	LONGUEUR UTILE	LARGEUR EN CRÊTE	COTE DU SEUIL
	Mètres.	Mètres.	Mètres.
Forme n° 1...........................	109,00	19,60	— 0,55
Forme n° 2...........................	109,00	20,60	— 2,05
Forme n° 3...........................	84,40	19,60	— 0,55
Forme n° 4...........................	190,00	27,50	— 2,00

Les canaux intérieurs, ou bassins de batellerie, communiquant avec les bassins maritimes, s'étendent sur une longueur de 3500 mètres, avec 5150 mètres courants de quais utilisables ; ils sont en communication avec les canaux de navigation intérieure du nord de la France et de la Belgique.

Le port est pourvu d'un outillage important établi par la Chambre de commerce, comprenant notamment deux grands entrepôts pouvant contenir chacun 20000 tonnes de marchandises et dix hangars, avec une surface couverte de 24000 mètres carrés, pour la manutention des marchandises.

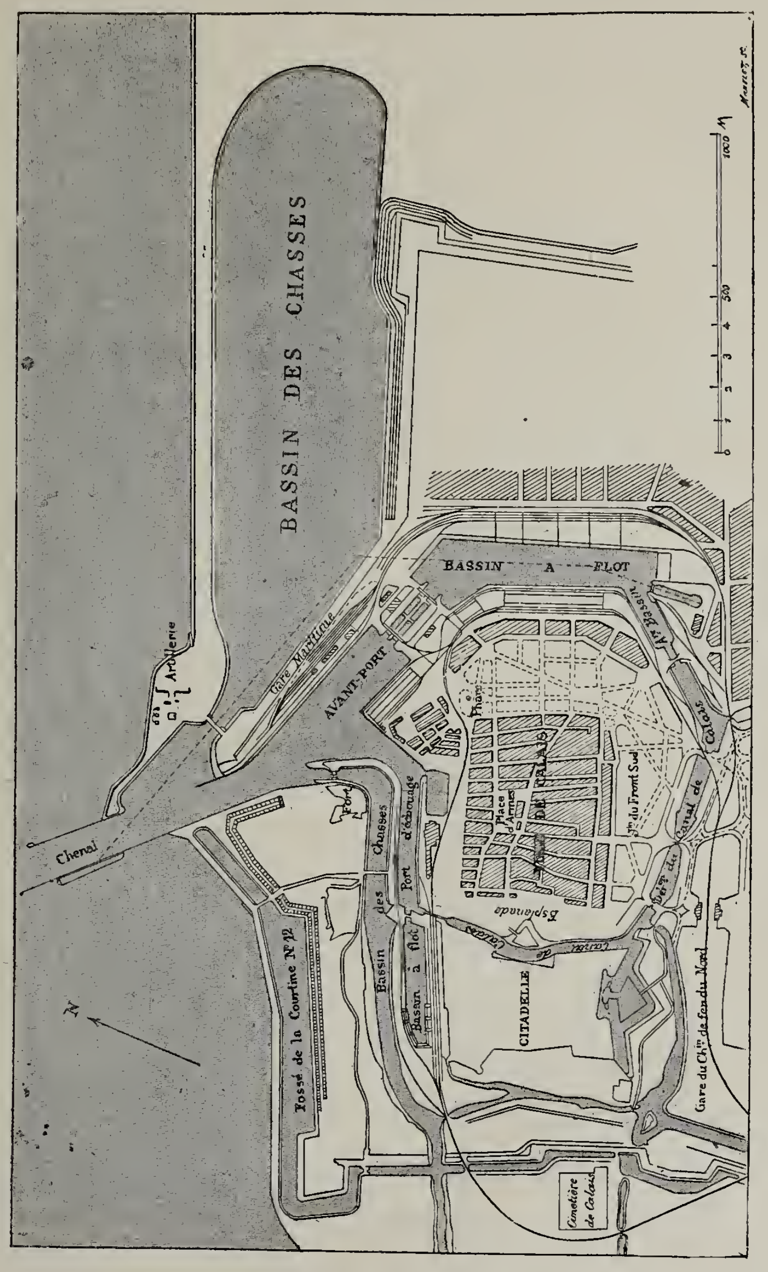
Le mouvement commercial du port de Dunkerque a suivi, de 1800 à 1900, la progression suivante :

INDICATION DES ANNÉES	TONNAGE DE JAUGE	TONNAGE DES MARCHANDISES
	Tonnes.	Tonnes.
Année 1806	10 791	»
Année 1830	175 074	»
Année 1860	561 515	484 249
Année 1880	1 717 119	1 263 147
Année 1900	3 226 958	2 923 589

IV. — PORTS MARITIMES

§ 1. — Ports de commerce.

Port de Calais.



Plan général du port.

IX. — Service des ports de commerce du département du Pas-de-Calais.

1° *Plans comparatifs du port de Calais en* 1810, 1830, 1875 *et* 1900.

(Renseignements statistiques.)

Etat du port en 1800.

Le port de Calais, établi vers 997 par Baudouin IV, comte de Flandre, consistait uniquement dans un bassin ouvert. Les premières jetées paraissent avoir été établies sous la domination anglaise; elles furent prolongées à diverses reprises, notamment sous le règne de Louis XIV. A la fin du dix-huitième siècle, le port comprend : un chenal formé par deux jetées en charpente, un quai le long duquel existe un petit bassin dit du Paradis et un arrière-port. Le bassin est en partie séparé du chenal par une jetée en charpente. Les eaux intérieures du pays pénètrent dans l'arrière-port au moyen des écluses de la citadelle et du fort Nieulay (écluse d'Asfeld).

Améliorations réalisées de 1800 à 1829.

Pendant la Révolution, le port est négligé; mais vers 1804, alors que Napoléon Ier projette sa descente en Angleterre, Calais attire son attention et, en 1806, un projet est présenté en vue de convertir sa rade foraine en rade couverte par des digues, avec port intérieur s'étendant de Calais à Sangatte et débouchant dans la rade par trois chenaux. Il n'est donné aucune suite à ce projet.

En 1811, on entreprend la construction d'un quai qui n'est terminé qu'en 1829 et constitue, avec ceux existant antérieurement, le quai sud du port d'échouage actuel.

Améliorations réalisées de 1829 à 1875.

En 1829, l'ingénieur en chef Raffeneau de Lisle propose l'exécution d'un bassin de retenue pour les chasses à l'eau de mer, en transformant pour cet usage une partie de l'arrière-port; il propose, en même temps, le prolongement des jetées et la construction d'un bassin à flot.

On exécute, de 1837 à 1846, la digue qui sépare le bassin à flot de l'ouest et le port d'échouage de l'ancien bassin des chasses, ainsi que les quais et l'écluse du bassin à flot et le quai nord du port d'échouage.

L'aménagement du bassin des chasses et la construction de l'écluse de chasse sont exécutés de 1838 à 1848. Le prolongement des jetées et l'exhaussement du brise-lames sont exécutés en 1841 et 1842.

La situation du port de Calais après l'exécution de ces divers travaux est indiquée sur le plan de 1850.

Depuis cette époque jusqu'en 1875, il n'est exécuté que des améliorations peu importantes; les seules qui méritent d'être signalées sont la construction d'un quai de marée adossé à la jetée est, celle d'une crique d'épanouissement et l'établissement de voies ferrées sur les quais.

Améliorations réalisées de 1875 à 1900.

Les travaux exécutés en vertu des lois des 14 décembre 1875 et 3 août 1881 comprennent :

1° Un grand bassin de retenue d'environ 80 hectares de superficie ;

2° Un avant-port, de 6 hectares environ, dont l'un des quais est spécialement aménagé pour l'accostage des paquebots à voyageurs faisant le service entre la France et l'Angleterre ;

3° Un grand bassin à flot, de 10 hectares environ, relié à l'avant-port au moyen de deux écluses à sas, de 21 mètres et 14 mètres de largeur et d'environ 130 mètres de longueur, ledit bassin comprenant une forme de radoub à son extrémité ;

4° Un bassin de navigation intérieure s'étendant de l'extrémité sud du nouveau bassin à flot jusqu'à l'écluse de la citadelle et communiquant avec le bassin à flot par une double écluse à sas ;

5° L'augmentation de la largeur du chenal par la reconstruction de la jetée est au large de l'emplacement qu'elle occupait ;

6° La démolition des anciennes fortifications et la construction d'une nouvelle enceinte ; le déplacement de la gare du chemin de fer reportée à l'intérieur de la ville ; la construction d'une gare maritime sur le quai nord du nouvel avant-port, enfin l'établissement de voies ferrées pour la desserte des quais ;

7° La création d'installations spéciales permettant de manœuvrer les ponts tournants, portes d'écluses, vannes, cabestans, etc., au moyen de l'eau sous pression.

Un outillage perfectionné comprenant des hangars, grues, engins hydrauliques, etc., concédé à la Chambre de commerce en 1881, est installé sur les quais du nouvel avant-port et du bassin à flot.

Les dépenses faites pour les travaux exécutés par l'État en vertu des lois du 14 décembre 1875 et du 5 août 1881 s'élevaient à la somme de 48000000 de francs. La dépense de premier établissement de l'outillage est de 2200000 francs.

Les renseignements statistiques (diagrammes) exposés sont relatifs au mouvement de la navigation, à la pêche et aux voyageurs transportés par les paquebots qui font le service entre la France et l'Angleterre.

2° *Plans comparatifs du port et de la ville de Boulogne en* 1800, 1850 *et* 1900.

(Renseignements statistiques.)

État du port de Boulogne en 1800.

Le port de Boulogne est situé à l'embouchure de la rivière de la Liane. En 1800, le chenal proprement dit présente une longueur d'environ 195 mètres ; il est bordé, à l'ouest, par une jetée pleine en maçonnerie et à l'est par une jetée en fascinages.

A marée haute de vive eau moyenne, il y a un peu plus de 7 mètres d'eau dans le chenal entre les jetées, mais il existe à l'aval un banc qui s'élève parfois de 2^{m},30 à 2^{m},60 au-dessus du plafond du chenal intérieur.

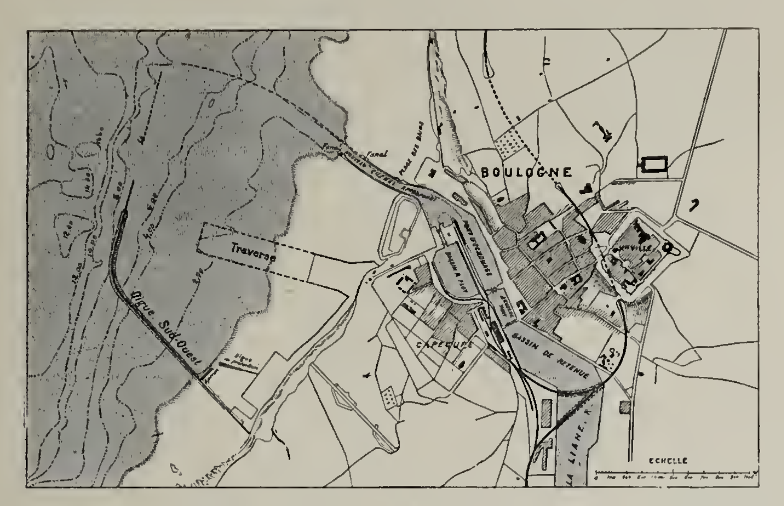
Le port est constitué par une vaste étendue d'eau, d'environ 400 mètres de largeur, située immédiatement à l'amont du chenal. Le port assèche complètement à basse mer, sauf le long de la rive droite, où coule la Liane.

Il n'existe aucun quai sur la rive gauche.

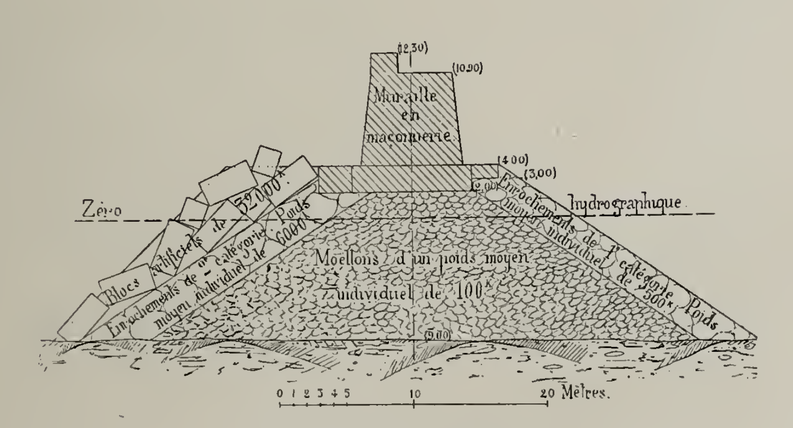
IV. — PORTS MARITIMES

§ 1. — Ports de commerce.

Port de Boulogne.



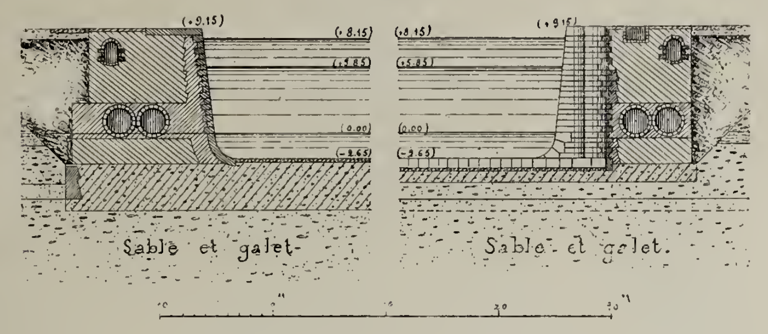
Plan du port et de la ville de Boulogne.



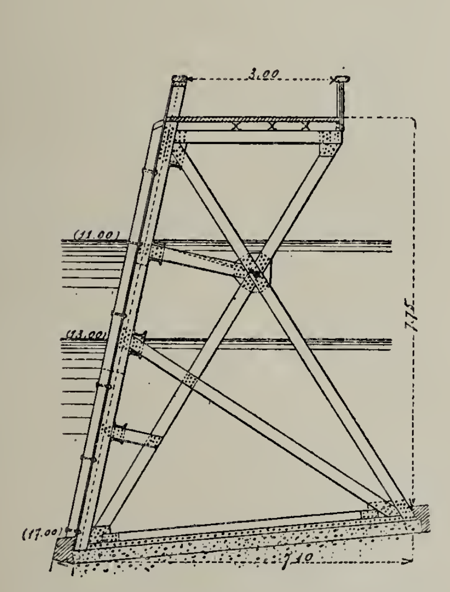
Coupe de la digue du large.

§ 1. — Ports de commerce.

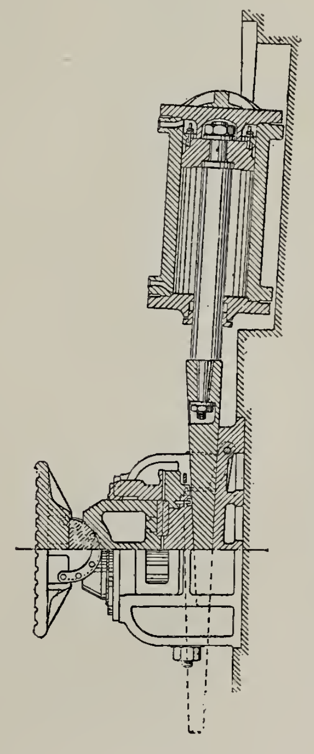
Port du Havre.



Coupe transversale de l'écluse Bellot.



Estacade métallique du brise-lames sud.

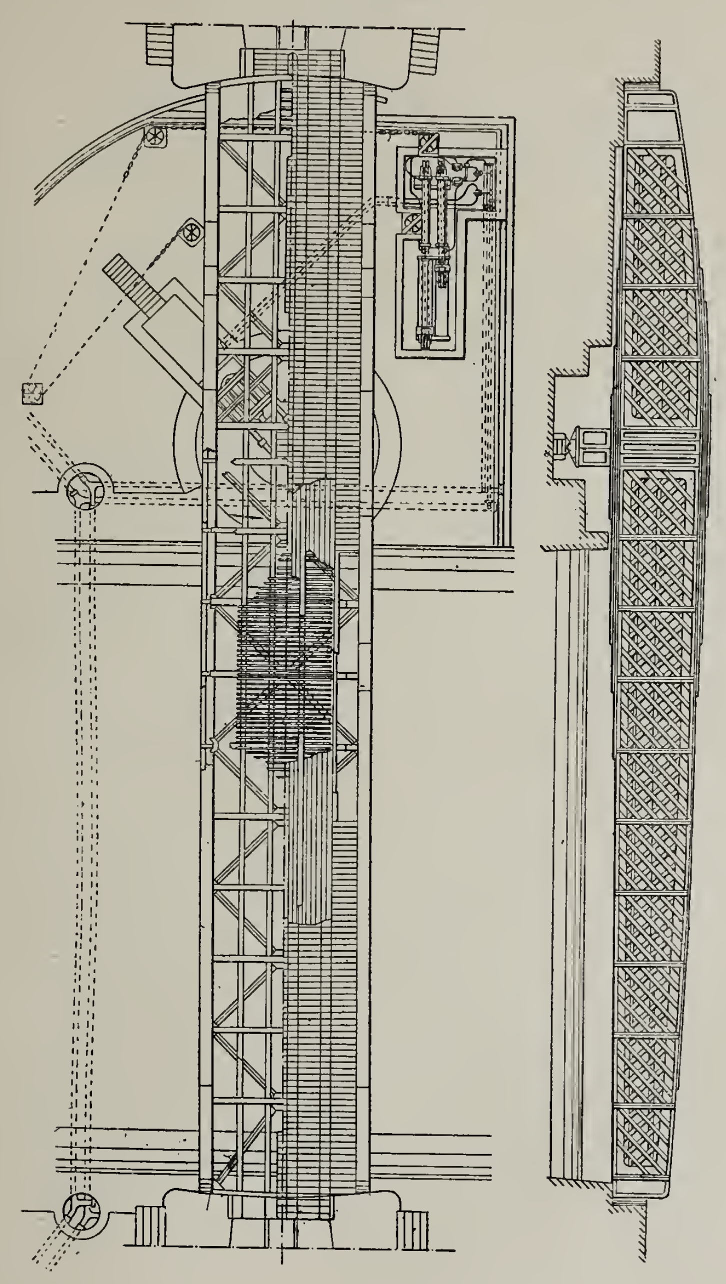


Presse et coin de soulèvement du pont tournant de l'écluse Bellot.

IV. — PORTS MARITIMES

§ 1. — Ports de commerce.

Port du Havre.

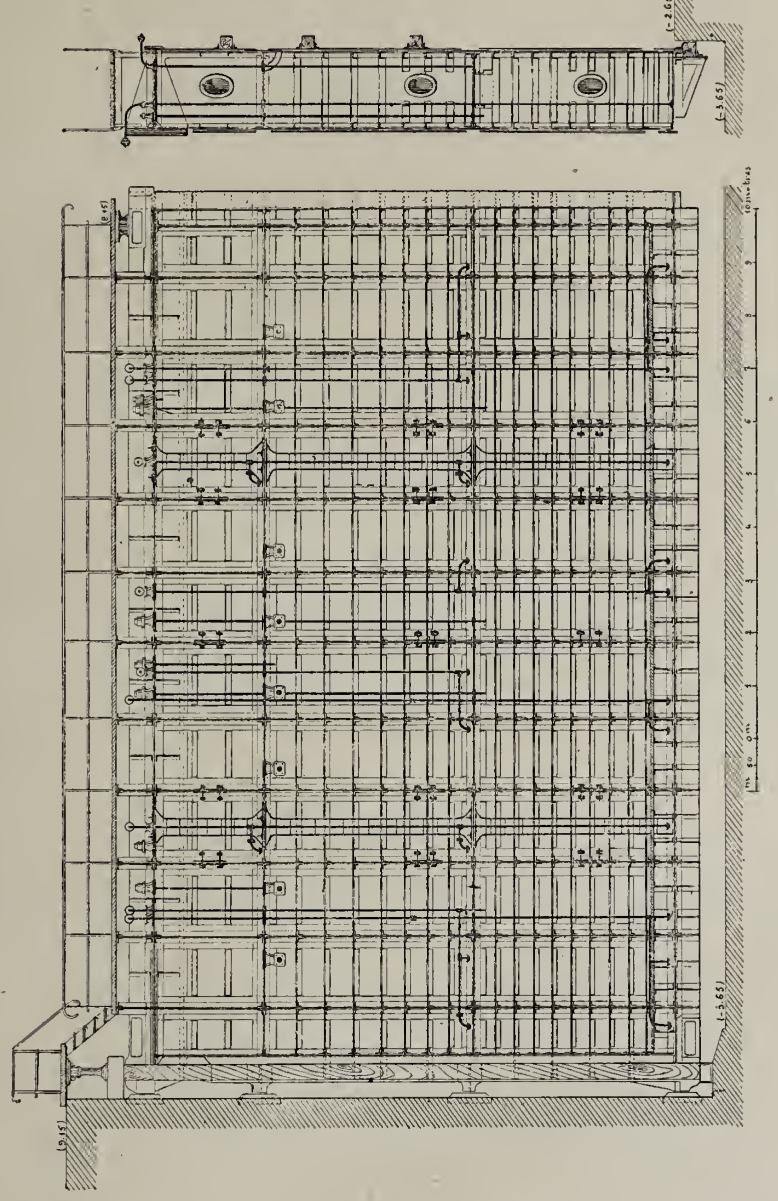


Élévation et plan du pont tournant de l'écluse Bellot.

IV. — PORTS MARITIMES

§ 1. — Ports de commerce.

Port du Havre.



Élévation et coupe d'un vantail des portes de l'écluse Bellot.

Sur la rive droite, se trouvent plusieurs tronçons de quais, construits sans vues d'ensemble. Le quai le plus à l'aval est affecté aux paquebots faisant un service journalier entre Boulogne et Douvres.

Les deux rives ne communiquent que par une passerelle ne devant pas pouvoir porter de voitures et submergée à haute mer.

Améliorations réalisées de 1800 à 1850.

Le projet de descente en Angleterre, arrêté par Bonaparte dès sa visite à Boulogne en 1798, attire l'attention du Premier Consul sur ce port.

Dès le 1er mai 1800 sont commencés les travaux qui doivent le transformer :

Construction d'environ 1 000 mètres de quais en charpente sur la rive droite ;

Construction d'estacades reliant les jetées au port intérieur ;

Établissement d'un bassin d'échouage sur la rive gauche ;

Construction d'un pont en charpente entre les deux rives du port.

Une fois ces travaux exécutés, on reconnaît la nécessité d'établir une écluse de chasse pour déblayer les sables qui encombrent l'entrée du port. En 1804 on construit, sur la Liane, un barrage éclusé et un arrière-port ou bassin de retenue qui devait tenir à flot une partie de la flottille destinée à opérer la descente en Angleterre. Ce barrage éclusé est surmonté d'un pont, le pont de l'Écluse.

En 1810, on trouve en vive eau 9 mètres de profondeur à l'entrée du chenal et 5m,80 dans l'intérieur du port.

Après l'Empire, les travaux du port sont abandonnés.

Cependant, en 1826, une compagnie anglaise vient s'établir à Boulogne et y crée un service de paquebots à vapeur sur Londres et Ramsgate.

En 1830, on entreprend de nouveaux travaux : construction de nouvelles jetées beaucoup plus longues que les anciennes, reconstruction en maçonnerie des quais en charpente de l'est, etc.

Améliorations réalisées de 1850 à 1900.

En 1853, un nouveau barrage éclusé, avec pont tournant, est mis en service. L'ancien barrage, situé un peu en amont, est démoli et remplacé, en 1858, par le pont sur la Liane.

Le 15 août 1868, on livre au commerce un bassin à flot établi sur l'emplacement de l'ancien bassin d'échouage créé en 1800.

Pendant la construction de ce bassin, le chenal et le port sont creusés et l'on établit, sur la rive gauche, des murs de quai en maçonnerie.

La loi du 17 juin 1878 décide la création d'un port en eau profonde qui doit comprendre une traverse accostable abritée par les digues. Mais la principale de ces digues, la digue Carnot, abritant parfaitement l'entrée du port, il est reconnu possible de reporter à l'intérieur les quais accostables qui devaient régner le long de la traverse. A cet effet, on construisit d'abord un appontement de marée dans le port d'échouage et on approfondit le chenal au point de pouvoir créer, le 11 août 1885, un service de voyageurs à heures fixes, en remplacement de celui qui se faisait à des heures variables, suivant la marée.

A l'abri de la digue Carnot, on crée un mouillage pour les transatlantiques.

Un nouvel approfondissement du chenal et du port intérieur et la reconstruction d'une partie des quais sont autorisés par la loi du 4 décembre 1888.

Enfin, sur la demande de la Chambre de commerce, l'administration prescrit d'étudier la construction d'un bassin de marée dragué à la cote —4^{m},00 avec fouille à la cote — 7^{m},70 et présentant un développement de quais d'une longueur de 1 040 mètres.

Les dépenses de premier établissement, au 31 décembre 1898, s'élèvent à la somme totale de 41 621 346^{fr},24.

Consistance actuelle du port.

Aujourd'hui le port de Boulogne comprend :

Un emplacement pour le mouillage des navires de grand tirant d'eau, spécialement des transatlantiques, situé à l'abri de la digue Carnot et offrant des profondeurs de 8 à 9 mètres au-dessous du zéro des cartes marines, sur une surface d'environ 38 hectares.

Un chenal de 75 mètres de largeur et d'une profondeur de 3^{m},75 à 4 mètres au-dessous du zéro hydrographique;

Un avant-port de 250 mètres de longueur et dont le fond se trouve, sur une largeur moyenne de 30 mètres, à 4^{m},50 au-dessous du zéro hydrographique ;

Un bassin à flot, d'une superficie de près de 7 hectares, présentant un développement de quais de 1043 mètres avec terre-pleins de 20 à 24 mètres de largeur moyenne. Le fond de ce bassin est à la cote de 0^{m},64 au-dessous du zéro hydrographique et l'on y accède par une écluse à sas de 21 mètres de largeur et de 100 mètres de longueur ;

Un port de marée, d'une longueur de 650 mètres sur 135 mètres environ de largeur, présentant un développement de quais de 1 250 mètres, avec une surface de terre-pleins de 2 hectares 1/2 et une profondeur de 4 mètres au-dessous du zéro hydrographique le long des quais de la rive gauche. Partout ailleurs la profondeur est de 3^{m},50, sauf sur une longueur de 250 mètres à partir de l'extrémité nord du quai de rive droite où la profondeur est réduite à 2^{m},50 ;

Une gare maritime avec quai couvert pour les voyageurs ;

Des chantiers de constructions navales pour les bateaux en bois et en fer ; deux grils de carénage et une cale de radoub ;

Des voies ferrées et des grues, dont une de 40 tonnes, établies sur les quais du bassin à flot et sur les quais de rive gauche du bassin de marée ;

Un système d'éclairage à l'électricité.

Renseignements statistiques.

Les renseignements statistiques comprennent quatre diagrammes donnant :

1° Le nombre des voyageurs ;

2° Le mouvement de la navigation (tonnage de jauge) ;

3° Les résultats effectifs de la navigation (tonnage réel en tonnes de 1000 kilogrammes) ;

4° Les produits de la pêche.

X. — Service des ports de commerce et du littoral du département de la Seine-Inférieure, entre le cap de la Hève et la limite est de l'arrondissement d'Yvetot : Port du Havre.

1° *Plans représentant l'état du port du Havre en* 1787, 1838, 1864, 1878, 1889 *et sa situation telle qu'elle résultera des travaux de la loi du* 19 *mars* 1895.

Etat du port en 1787.

En 1787, le port du Havre comprend la partie nord de l'avant-port actuel et un seul bassin à flot, de petites dimensions, le bassin du Roi. Ce bassin existe encore, mais il ne peut admettre que les bateaux de pêche et de pilotage et les plus petits caboteurs.

Il existe, en outre, au fond de l'avant-port, un bassin de chasse occupant l'emplacement de la tête du bassin actuel de la Barre.

La ville du Havre est limitée aux quartiers actuels de Saint-François et de Notre-Dame.

Etat du port en 1838.

En 1838, l'avant-port est augmenté, vers le sud-est, d'un grand espace qui lui donne la forme d'un croissant ; il n'a pas été modifié jusqu'à nos jours.

Le port comprend deux bassins à flot nouveaux, ceux de la Barre et du Commerce, établis avec leurs dispositions actuelles.

Au sud de l'avant-port est établi un vaste bassin de chasse, retenue de la Floride, qui a été conquis sur la mer.

L'étendue de la ville est doublée, la nouvelle enceinte englobe à la fois la citadelle et la ville, qu'elle sépare, à l'ouest, du rivage de la mer.

Etat du port en 1864.

En 1864, l'entrée du port est améliorée par l'installation d'un brise-lames. La retenue de chasse de la Floride est transformée en un bassin à flot dans lequel on pénètre par le fond de l'avant-port. A l'est du port sont établis les trois grands bassins à flot, de l'Eure, Vauban et du Dock. Une grande écluse donne accès de l'avant-port dans le bassin de l'Eure, l'écluse des Transatlantiques. Le port comprend une forme de radoub de 150 mètres de longueur sur 30 mètres de largeur.

La ville est complètement transformée. De toute la partie nord et est de l'enceinte, il ne reste plus que la citadelle, complètement entourée par le port. Les fortifications à l'ouest sont en démolition et la ville s'étend jusqu'au rivage de la mer.

Etat du port en 1878.

En 1878, l'entrée du port est notablement élargie et elle est pourvue de deux nouveaux brise-lames. Un nouveau bassin à flot est établi dans l'emplacement de la citadelle qui a été démolie. Ce bassin est destiné spécialement aux caboteurs à vapeur; son entrée est disposée en bassin de mi-marée en vue du sassement des navires. Jusqu'à la construction de cet ouvrage, les navires n'entraient dans les bassins qu'à la pleine mer. Cette situation pouvait être admise eu égard à la longue durée de l'étale qui est de 3 heures.

En 1878, elle est encore acceptée par les longs-courriers, qui attendent en rade

l'heure du plein, mais les caboteurs à vapeur avaient tenu à ne pas perdre les heures d'attente.

Le bassin de la Floride est transformé, la plus grande partie est réunie à l'avant-port et elle constitue un emplacement hors du passage des navires se rendant aux bassins ou en sortant. Ce qui reste pourrait, à la rigueur, servir de bassin de mi-marée pour pénétrer dans le bassin de l'Eure. Mais son entrée, placée à angle droit sur le chenal, est peu commode pour les grands navires et l'on a renoncé au fonctionnement de ce bassin comme bassin de mi-marée.

Trois formes de radoub de 55, 68 et 80 mètres de longueur sont installées au bassin de la citadelle.

Les seules fortifications qui subsistent, au voisinage du port et de la mer, consistent dans des batteries isolées dans le court front-bastionné de la Floride.

Etat du port en 1889.

En 1889, les bassins à flot sont considérablement développés. Le bassin Bellot, comprenant deux grandes darses, a été conquis sur la mer à l'est du bassin de l'Eure. Ces darses sont affectées aux navires longs-courriers. Les bassins du Commerce, de la Barre et Vauban ne reçoivent plus guère que des caboteurs ; ils sont, d'ailleurs, devenus trop exigus pour la plupart des longs-courriers.

Deux grandes formes de radoub, de 127 mètres et 165 mètres de longueur, sont installées à côté de celles de 1864.

L'établissement d'une vaste gare maritime à l'est du port est entrepris.

Le canal de Tancarville, conduisant du bassin de l'Eure à la partie endiguée de la Seine, à environ 25 kilomètres du Havre, permet à la batellerie fluviale d'atteindre le port sans s'exposer aux dangers du passage dans l'estuaire de la Seine. Ce canal est muni d'une écluse à sas à chacune de ses extrémités. La première section, la plus voisine du port, est creusée à 6 mètres de profondeur et peut recevoir des navires de mer.

Travaux récemment exécutés, travaux en cours d'exécution et travaux projetés.

A l'intérieur du port on a construit un bassin spécial pour les pilotes.

On a commencé la transformation du canal de Tancarville en un véritable bassin en l'élargissant et en construisant, sur une de ses rives, un quai, d'environ 1 000 mètres de longueur, présentant à son pied $8^{m},50$ de tirant d'eau. L'entrée actuelle du canal n'ayant que 6 mètres d'eau, on accédera au nouveau bassin par une écluse à sas de 173 mètres de longueur et de 22 mètres de largeur.

La forme de radoub construite en 1864 a été allongée pour recevoir des navires de 200 mètres.

En dehors de cette extension des aménagements intérieurs, la loi du 19 mars 1895 a ordonné la transformation de l'entrée du port.

L'entrée du port et le chenal qui lui donne accès sont orientés vers le sud-ouest.

Il a été jugé indispensable de reporter l'entrée du port plus loin de l'estuaire de la Seine, afin d'éviter les envahissements du chenal par les atterrissements. D'autre part, le chenal de l'avant-port actuel présente des courbes très raides, et, avec les dimensions toujours croissantes des navires, il ne faut admettre que des courbes de grand rayon.

Enfin, les longs-courriers ne veulent plus attendre en rade l'heure de la pleine mer et demandent l'établissement d'une écluse à sas pouvant les admettre.

Pour satisfaire à ces desiderata, les travaux projetés comprennent :

1° L'établissement d'un vaste avant-port au nord-ouest de l'ancien, avec une passe d'entrée de 200 mètres de largeur à draguer à 8 mètres au-dessous du zéro des cartes ;

2° L'établissement d'une nouvelle écluse à sas débouchant dans la partie la plus large du bassin de l'Eure et pouvant y introduire les plus grands navires pendant une durée d'au moins sept heures par marée.

Le nouvel avant-port englobe une longueur de plage de plus de 900 mètres qui amortira la lame et empêchera la propagation de l'agitation dans l'arrière-port jusqu'aux écluses. Il sera possible d'établir un chenal entre l'entrée de l'avant-port et la nouvelle écluse ne présentant pas de courbes de moins de 2000 mètres de rayon.

2° *Plans et coupes des écluses construites successivement pour donner accès de l'avant-port dans les bassins à flot.*

Six écluses sont représentées sur la feuille de dessins exposée ; cinq ont été construites en 1777, 1792, 1807, 1843 et 1860, la dernière est actuellement en construction.

Les écluses anciennes sont simples et ne s'ouvrent qu'au moment de la pleine mer; l'écluse nouvelle comprend un sas.

Le tableau suivant, qui donne les éléments principaux de l'établissement de ces écluses, fait ressortir l'augmentation continue des dimensions des ouvrages maritimes qui a été nécessitée par l'accroissement des dimensions des navires :

DÉSIGNATION DES ÉCLUSES	Date de la construction ou de la transformation	LARGEUR	Cote du seuil par rapport au zéro des cartes	HAUTEUR D'EAU SUR LE SEUIL		OBSERVATIONS
				En morte eau ordinaire	En vive eau d'équinoxe	
		Mètres.	Mètres.	Mètres.	Mètres.	
Ecluse Notre-Dame..	1777	13,00	+ 2,40	3,75	5,75	(*) En 1834, la largeur de 16m,00 n'était réalisée que dans le haut, l'élargissement total à 16m,00 n'a été complété que plus tard.
Ecluse Notre-Dame transformée.......	1834	13,00 (*) 16,00	+ 1,40	4,75	6,75	
Ecluse Lamblardie..	1792	11,50 à 13,50 (**)	+ 1,55	4,60	6,60	
Ecluse de la Barre...	An X	13,64	+ 1,15	5,00	7,00	
Ecluse de la Floride.	1845	21,00	+ 0,15	6,00	8,00	(**) 11m,50 au radier, 13m,50 au sommet.
Ecluse des Transatlantiques.	1860	30,50	— 2,85	9,00	11,00	

Les écluses Notre-Dame, Lamblardie, de la Barre et de la Floride ont été munies, au moment de leur construction, de ponts mobiles en bois à deux volées ; ces ponts étaient tournants à l'exception de celui de l'écluse Lamblardie qui était à bascule ; leurs volées étaient soutenues par d'ingénieux systèmes de béquilles mobiles.

L'écluse des transatlantiques est munie de deux paires de portes, mais dans un simple but de sécurité, l'intervalle des deux portes étant trop faible pour constituer un sas.

Le pont tournant est en tôle à deux volées, il était manœuvré à bras jusqu'en 1884.

Aujourd'hui, les navires sont généralement à hélice et leur profil transversal se rapproche d'un rectangle; aussi, dans l'écluse projetée, le radier est-il plan et les bajoyers sont-ils plans et verticaux. En raison de l'accroissement des dimensions des navires, la largeur de l'ouvrage a dû être fixée à 30 mètres, c'est-à-dire à peu près à celle adoptée en 1860 pour les navires à roues. La profondeur a été augmentée; le seuil d'aval est à $4^{m},50$ au-dessous du zéro des cartes, ce qui donne une profondeur de $10^{m},65$ à pleine mer de morte eau ordinaire et de $12^{m},65$ à pleine mer de vive eau d'équinoxe. Le mouillage sur le seuil sera de près de $8^{m},80$ pendant tout le temps où la mer sera au-dessus du niveau moyen, soit pendant sept heures par marée. La longueur utile du sas est de $241^{m},50$.

Le pont tournant est en acier à une seule volée, à chaussée horizontale et peut recevoir une voie ferrée. Il sera manœuvré mécaniquement.

XI. — Service des ports de commerce et du littoral du département de la Seine-Inférieure entre la limite Est de l'arrondissement d'Yvetot et le Tréport : Ports du Tréport et de Dieppe.

1° *Plans comparatifs du port du Tréport en* 1800 *et en* 1900.

Etat du port antérieurement à 1800.

Le port du Tréport, situé à l'embouchure de la Bresle, paraît dater de la fin du onzième siècle, époque à laquelle cette embouchure fut reportée du côté du Tréport après avoir été située au pied du village de Mers. Au siècle suivant le canal d'Artois vint rectifier le cours de la Bresle entre Eu et le Tréport, mais ce n'est qu'au seizième siècle que l'avant-port fut creusé et qu'une jetée en charpente fut établie par le comte François de Clèves.

Ces ouvrages ne furent pas entretenus et, en 1778, les jetées en charpente étaient en voie de destruction; le chenal était encombré de galets et se réduisait à un goulet de 12 mètres de largeur par lequel les bateaux de pêche accédaient difficilement à un quai en charpente de 200 mètres de longueur. C'est à partir de cette date que, sous l'impulsion du duc de Penthièvre, de nouveaux travaux vinrent donner au port la configuration qu'il a conservée jusqu'à ces dernières années.

Etat du port en 1800.

En 1800, l'avant-port est encore loin de présenter sa forme actuelle; les jetées sont à peu près dans la position qu'elles occupent aujourd'hui, mais avec une moindre longueur. La jetée de l'ouest seule est munie d'un brise-lames. La rivière de la Bresle qui débouchait à l'entrée du chenal, un peu en amont des jetées, est détournée de sa direction, de manière à former un vaste épanouissement, constituant une retenue des chasses. L'écluse de chasse, construite de 1778 à 1780, se compose de deux pertuis de $6^{m},75$ de largeur, avec radier à la cote + 5 au-dessus du zéro des cartes marines.

Améliorations réalisées de 1800 à 1900.

Les améliorations réalisées successivement depuis 1800 dans l'avant-port consistent sensiblement dans la mise à exécution d'un projet arrêté en 1786 et ayant

pour caractère principal d'augmenter la surface de l'avant-port par une large emprise au nord et à l'est, légèrement compensée par un élargissement du terre-plein sud.

En vertu d'une ordonnance royale de 1841, une écluse à sas est établie à l'entrée du canal d'Eu, et, en amont de celle-ci, est aménagée une gare d'eau pourvue de petits appontements.

Plus tard, en vertu d'une loi du 3 avril 1880, les jetées sont reconstruites et prolongées, et celle de l'est est pourvue d'un brise-lames; un mur de quai remplace l'estacade Charlotte, construite en 1785 à l'origine et au sud du chenal; un autre mur de quai est établi au nord-est de l'avant-port. Enfin on drague celui-ci et le chenal, ainsi que le poutier qui fermait son débouché en mer.

En vertu du décret du 28 avril 1892, un bassin à flot, de 300 mètres environ de longueur sur 100 mètres de largeur, est installé entre le canal d'Eu et l'avant-port et communique avec celui-ci par l'intermédiaire d'un arrière-port et d'un pertuis établi sur l'emplacement de l'ancienne écluse à sas. Ce bassin est pourvu d'un quai, sur la rive nord, et de deux grands appontements sur la rive sud. Le plafond est dragué à la cote + 2 mètres, qui est à peu près celle du chenal. Le busc de l'écluse d'aval est à la cote + $1^{m},50$, qui commandera les cotes futures du chenal et du bassin.

L'écluse de chasse est en état de vétusté et l'ancienne retenue ne sert plus qu'à écouler les eaux de la Bresle et à assurer un assez vaste mouvement d'eau à chaque marée. Les profondeurs sont entretenues au moyen de dragages et de chasses faites par l'abaissement du plan d'eau dans le bassin à flot.

Les travaux exécutés au Tréport ont permis à la navigation de se développer rapidement, de 1874 à 1879. Dans cet intervalle, le nombre de tonnes de marchandises embarquées et débarquées est passé de moins de 20000 tonnes à 185062 tonnes.

2° *Plans comparatifs du port de Dieppe en* 1800 *et en* 1900.

Etat du port antérieurement à 1800.

Jusqu'à la seconde moitié du dix-huitième siècle, les dispositions générales du port de Dieppe ne se modifient que lentement. On s'efforce de lutter contre l'envahissement du chenal par les galets en prolongeant successivement les jetées, surtout celle de l'ouest; mais elles sont souvent plus ou moins démolies par les tempêtes, à la suite desquelles le chenal se déplace, jusqu'à ce que en 1816 il se fixe au pied de la falaise de l'est.

Un bassin de chasse est construit de 1777 à 1787. Le port, jusqu'à la fin du dix-huitième siècle, se réduit à un simple bassin d'échouage, malgré la présentation d'un projet de bassin à flot par Vauban.

Améliorations réalisées de 1800 à 1900.

Décidée en 1806, la création du bassin à flot Bérigny est réalisée par étapes successives et n'est terminée qu'en 1840.

Postérieurement à cette date, la partie sud de l'avant-port est transformée en bassin à flot, bassin Duquesne. Après cette transformation, et jusqu'en 1865, on se borne à réaliser des améliorations de détail. Les bassins étant insuffisants, on aménage une souille dans le bassin des chasses pour y recevoir des navires, qui y accèdent par une écluse de communication avec le bassin Duquesne.

En 1880, de nombreux travaux sont autorisés par une loi du 3 avril.

La retenue des chasses est supprimée et remplacée par un établissement maritime mis en communication avec l'entrée du port par un large chenal.

Cet établissement comprend : un arrière-port bordé par des chantiers de construction et une forme de radoub ; un bassin de mi-marée avec seuil à la cote — 1 mètre et un bassin à flot leur faisant suite, avec seuil à la cote 0^m,00. Le côté ouest de ce bassin a seul été aménagé, le côté est est affecté à une station de torpilleurs.

L'entrée du port est améliorée par le prolongement de la jetée de l'ouest et une réfection complète de la jetée de l'est, qui est pourvue d'un brise-lames.

Le chenal est approfondi à la cote — 2^m,50 jusqu'au musoir de la jetée de l'est et à la cote — 3^m,00 au delà de ce musoir.

Une partie des quais de l'avant-port est transformée de manière à permettre de le draguer à la cote — 2^m,50.

Les dernières améliorations, exécutées en vertu du décret du 17 août 1875, comprennent : la continuation de la transformation des quais de l'avant-port afin de permettre le développement du service anglo-français de Dieppe à New-Haven, le dragage de l'avant-port, l'aménagement d'une darse de pêche dans la partie sud du bassin Duquesne, par la transformation de l'écluse Duquesne en pertuis et l'établissement d'une traverse dans le bassin. Le pertuis ménagé dans cette traverse doit être pourvu d'un bateau porte, afin de maintenir un dégagement de secours pour le cas où le chenal du Pollet, que traverse un pont tournant de 40 mètres d'ouverture, viendrait à être obstrué.

Le mouvement des marchandises du port de Dieppe est à peu près stationnaire : il était de 500635 tonnes en 1874 et s'élevait seulement à 549551 tonnes en 1899 ; mais le transport des voyageurs par paquebots de Dieppe à Newhaven est en progrès marqué, il comportait 97070 voyageurs en 1890 et 176095 en 1899.

XII. — **Service de la navigation de la Seine maritime. Port de Rouen.**

Panneau contenant six plans à la même échelle qui représentent les états successifs du port de Rouen en 1800, 1835, 1860, 1880 *et* 1900.

Etat du port en 1800.

Une partie de l'enceinte du treizième siècle et les portes monumentales construites au dix-septième siècle subsistent sur les quais de la rive droite. La longueur de ces quais directement accostables est de 470 mètres environ, divisés en tronçons construits en 1638, 1778 et 1782.

Sur la rive gauche, il existe une longueur de quais de 290 mètres construits de 1785 à 1790.

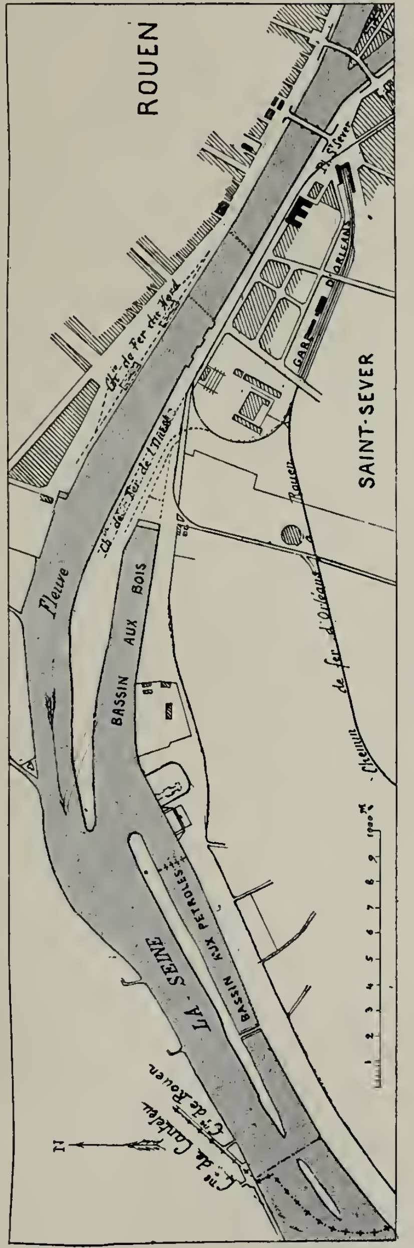
Le tirant d'eau au pied de ces quais, à basse mer ordinaire, ne dépasse pas 1^m,36. En aval, les quais aux Meules, de la Petite chaussée, de la Grande chaussée et des Curandiers sont garnis de petits ouvrages en pierres sèches défendant la rive au-dessus du niveau de basse mer et utilisés pour les opérations de la petite batellerie.

Les deux rives du fleuve sont reliées par un pont de bateaux établi de 1626 à 1630. On voit encore les piles du pont Mathilde, ouvrage en pierre de 260 mètres environ de

IV. — PORTS MARITIMES

§ 1. — Ports de commerce.

Port de Rouen.



Plan général du port.

longueur, construit de 1151 à 1167, pendant le séjour de la reine Mathilde à Rouen, devenu impraticable dès 1564 et démoli en 1661.

Etat du port en 1835.

Sur les quais de la rive droite, les murs de l'ancienne enceinte et les portes monumentales, sauf la porte Guillaume Lion, qui existe encore aujourd'hui, ont disparu. La longueur des quais accostables est d'environ 1100 mètres, comprenant les précédents, plus un prolongement à l'amont de 300 mètres, construit vers 1830, et un prolongement à l'aval de 330 mètres, construit en 1804 et de 1826 à 1836.

Sur la rive gauche, les ouvrages sont prolongés vers l'amont par 400 mètres de quais verticaux, en maçonnerie ou en charpente, construits vers la fin de la période de 1826 à 1836, et 440 mètres de perrés, construits de 1818 à 1824, le long du grand cours.

Le tirant d'eau des nouveaux quais d'aval, rive droite (quai du Havre), est de $1^m,90$ à basse mer; une coupe de ce quai est représentée sur le panneau exposé.

Les deux rives du fleuve sont reliées par le pont de bateaux et le pont en pierre, pont Corneille, construit de 1810 à 1835 à la pointe aval de l'île Lacroix, en amont du pont de bateaux.

Etat du port en 1860.

Les ouvrages de la rive droite sont prolongés de 400 mètres environ vers l'amont par des perrés et de 700 mètres environ en aval par les quais du Havre et du Mont-Riboudet, construits en 1837 et de 1840 à 1842. Le tirant d'eau au pied de ces derniers quais est inférieur à celui des quais construits de 1826 à 1835. L'ensemble de ces ouvrages atteint une longueur de 2 100 mètres.

Sur la rive gauche, le développement total du port est porté à 1750 mètres environ par la construction, de 1840 à 1844, des quais aux Meules, de la Petite chaussée et de la Grande chaussée, sur une longueur totale de 688 mètres. Ces quais ont un tirant d'eau très faible ($1^m,36$).

Les rives du fleuve sont reliées, en aval du pont Corneille, par un pont suspendu construit de 1834 à 1836 à l'emplacement du pont Mathilde et remplaçant le pont de bateaux supprimé à cette époque. Ce pont suspendu comprend deux travées fixes de 88 mètres d'ouverture chacune et une travée mobile, de 15 mètres d'ouverture, laissant passer les navires de mer.

Etat du port en 1880.

Dans la période comprise entre 1860 et 1880, le port ne reçoit pas de modification bien notable en étendue, mais on remplace une grande partie des ouvrages existant en aval du pont suspendu par de nouvelles constructions plus appropriées au service de la navigation moderne.

Sur la rive droite, le quai de la Bourse est reconstruit, entre le pont suspendu et la cale Cauchoise, suivant un alignement parallèle à celui des maisons, sur une longueur de 480 mètres environ. Le type nouveau de construction, représenté sur le panneau exposé, présente un tirant d'eau de $5^m,80$ à mer basse. Le terre-plein se trouve sensiblement élargi par la rectification de l'alignement. Les voies du chemin de fer du Nord arrivent sur le terre-plein.

Sur la rive gauche, tous les quais, depuis les abords du pont de pierre jusqu'à leur extrémité d'aval, sont refaits sur le même type et suivant un alignement régulier donnant au terre-plein une largeur moyenne de 40 mètres environ.

Le seul prolongement du port réalisé depuis 1860 consiste en trois appontements en bois dits des Curandiers, occupant une longueur totale de 260 mètres.

Les voies du chemin de l'Ouest desservent les nouveaux quais.

En 1884 le pont suspendu est démoli et un pont fixe, le pont Boïeldieu, est construit dans son emplacement.

Etat du port en 1890.

Dans la période s'étendant de 1880 à 1890, on continue la transformation du port, désormais limité au pont Boïeldieu comme bassin maritime et l'on poursuit son développement vers l'aval.

Sur la rive droite, de nouveaux quais sont construits, en aval de la cale Saint-Eloi jusqu'à la rue Jean-Ango, sur une longueur de 1200 mètres. Leur alignement passe sur l'île du Petit-Gay ; ils remplacent les anciens quais de la rive nord et réalisent un allongement de 480 mètres environ. Les terre-pleins, constitués par une partie de l'île et par le bras du Mont-Riboudet, ont une largeur variant de 60 à 100 mètres. Le quai du Havre, depuis la cale Cauchoise jusqu'à la pointe de l'île du Petit-Gay, est construit suivant un nouveau type, présentant un tirant d'eau de $6^{m},50$ à basse mer.

Sur la rive gauche, le terre-plein des quais entre les Docks et l'extrémité aval des appontements des Curandiers est porté de 40 à 60 mètres. On relie entre elles et à la terre ferme les îles Méru et Rollet et l'on prolonge les quais le long de ces îles, en aval des appontements des Curandiers, sur une longueur de 760 mètres.

Derrière ces îles on aménage un bassin muni de perrés et d'une cale pour les bois. Derrière l'île Elie on aménage un autre bassin destiné à la réception des pétroles, d'une longueur de 700 mètres. Ce bassin est muni de cinq appontements et fermé par un barrage isolateur.

Un boulevard, de 20 mètres de largeur et de 3400 mètres de longueur, dessert les nouveaux bassins. Un poste de mouillage, comportant sept bouées, est installé à l'entrée du port, le long de l'île Elie.

La longueur totale des quais ou perrés accostables est ainsi portée à 5500 mètres, y compris ceux du bassin fluvial.

Le pont Boïeldieu remplace le pont suspendu, il est composé de trois arches d'ouvertures inégales et présente une largeur de 20 mètres.

La chambre de commerce installe un slip, pour la visite et la réparation des navires, d'une longueur atteignant 92 mètres. Elle construit quatre grands hangars d'une surface de 12000 mètres carrés et installe 15 grues hydrauliques mobiles sur rails.

La nouvelle gare où aboutit la ligne de Rouen à Orléans permet d'établir de nouveaux raccordements entre les voies ferrées des quais et le réseau général des chemins de fer.

Etat du port en 1900.

De 1890 à 1900, les quais de la rive droite sont prolongés sur une longueur de 420 mètres, suivant un type nouveau donnant $8^{m},30$ de tirant d'eau sous basse mer. Dans cette longueur sont enchâssés deux appontements en bois de 52 mètres de longueur.

Un boulevard de 20 mètres de largeur et 3 kilomètres de longueur est établi en aval des quais et les terrains compris entre ce boulevard et le fleuve sont acquis par la

chambre de commerce, en vue de constituer un terre-plein de 60 mètres de largeur pour les quais à établir dans l'avenir.

Sur la rive gauche, les appontements des Curandiers sont remplacés par des murs de quai du dernier type sur 262 mètres de longueur. Les quais sont prolongés en aval sur 430 mètres de longueur, suivant le type présentant $8^{m},30$ de tirant d'eau. Les voies ferrées sont prolongées sur ces nouveaux quais.

Le bassin au bois est muni de cinq appontements, grands et petits, sur la rive nord; d'un quai en charpente de 230 mètres, de deux appontements de 52 mètres et de deux appontements de 44 mètres sur la rive sud.

La longueur du bassin à pétrole est doublée par l'aval au moyen d'un endiguement raccordant, d'une part, les îles Elie et Poutrel et se rattachant, d'autre part, à la terre ferme. L'ancienne digue de fermeture est remplacée par un barrage mobile.

Une passe directe est percée à l'extrémité aval pour faciliter l'entrée des navires, devenue très difficile par l'amont à raison de leurs dimensions toujours croissantes. Trois appontements nouveaux garnissent le bassin d'aval. Les rives du bassin et celles des îles Elie et Partrel sont munies de perrés sur presque toute leur longueur.

La communication entre les deux rives, assurée par les ponts Corneille et Boïeldieu, est complétée par un pont à transbordeur établi au milieu du bassin maritime. Ce pont n'apporte aucune gêne au mouvement des navires, son gabarit intérieur laissant libre toute la largeur du fleuve, sur une hauteur de 50 mètres au-dessus du niveau des quais.

La longueur totale des quais ou perrés d'accostage est portée à 6200 mètres, non compris les ouvrages discontinus des bassins au bois et au pétrole, qui s'étendent sur une longueur de rives de 2400 mètres.

La longueur totale du port est de 6 kilomètres.

---

§ 2. — Ports militaires.

Renseignements généraux.

Aucun modèle, plan ou dessin relatif aux ports militaires n'a figuré à l'Exposition rétrospective de la Classe 29, mais des travaux très considérables ayant été exécutés dans ces ports, au cours du siècle dernier, par les ingénieurs du corps des ponts et chaussées, nous avons pensé que le résumé de l'œuvre de ce corps que nous avons essayé de présenter serait tout à fait incomplet si nous ne disions rien des ports militaires, et nous avons en conséquence prié M. l'Inspecteur général Renaud, qui est à la tête du service des travaux hydrauliques de la Marine, d'avoir la bonté de nous fournir un résumé des principaux travaux exécutés dans les ports de guerre au cours du siècle dernier. M. Renaud a bien voulu répondre à notre appel et c'est son travail très clairement établi que nous donnons ci-dessous, en n'y faisant que les très légers changements nécessaires pour le faire entrer dans le cadre de notre rapport.

I. — Modifications apportées aux ouvrages des ports militaires par suite des transformations survenues dans la guerre navale.

Le matériel naval et les conditions de la guerre maritime se sont complètement transformés au cours du dix-neuvième siècle. Les dimensions des bâtiments de combat ont augmenté dans des proportions inattendues, dont on ne prévoit pas encore le terme. La vapeur est devenue leur unique moteur. Le fer, puis l'acier ont été substitués définitivement au bois dans la construction des coques. La dépense de construction de chaque unité de combat s'est accrue considérablement.

Les avaries dues aux échouages et aux abordages sont devenues fréquentes et dangereuses. Il est nécessaire de recueillir promptement les navires blessés à la suite d'accidents ou dans le combat, et de nettoyer et visiter fréquemment les carènes, les prises d'eau, les hélices, les gouvernails.

Les ports doivent être pourvus de moyens de réparations suffisamment développés pour assurer l'entretien des escadres en temps de paix et pour les immobiliser le moins longtemps possible en temps de guerre, au retour de leurs croisières ou du combat.

L'accroissement des dimensions des navires a entraîné l'augmentation des surfaces nécessaires pour le mouillage des escadres.

L'emploi des torpilles, l'usage des torpilleurs et l'utilisation de l'éclairage électrique ont entièrement modifié les conditions de sécurité des rades.

La rapidité des armements, des réparations et des ravitaillements est devenue un facteur de premier ordre dans les opérations militaires; d'où la nécessité d'avoir des stocks considérables d'approvisionnement en charbon, en eau et en rechanges de toute nature.

Des points de ravitaillement sont, en outre, devenus nécessaires pour assurer les opérations des flottes en dehors de la métropole.

Par suite de toutes les circonstances qui viennent d'être rappelées, la marine s'est trouvée dans la nécessité de transformer l'outillage de ses ports pour assurer les besoins de la défense nationale.

Elle a dû étendre et approfondir les mouillages et les rendre inaccessibles aux torpilleurs ennemis, organiser des stations de torpilleurs, installer des réseaux de torpilles et d'éclairage électrique; transformer les établissements de radoub et les cales de construction, créer de vastes parcs pour les charbons, accroître les dépôts de munitions, installer des moyens rapides de ravitaillement en munitions, en charbon, en eau et en rechanges divers, enfin créer des bases d'opérations pour la flotte dans les colonies.

Au développement des ouvrages hydrauliques est venu s'ajouter l'accroissement parallèle des ouvrages à terre : ateliers, magasins, dépôts de munitions, casernes, hôpitaux, canalisations d'eau, appareils d'éclairage.

II. — Travaux exécutés dans les ports militaires au cours du XIXe siècle.

1° *Port de Cherbourg.*

Le port de Cherbourg, dont l'établissement a été commencé à la fin du dix-huitième siècle, est surtout l'œuvre du dix-neuvième.

En 1800, il était encore à ses origines, les travaux de la digue, commencés dix-huit ans auparavant, puis entravés par les guerres de la Révolution, avaient déjà été l'objet d'un grand effort, mais étaient restés limités à la construction du soubassement, qui était lui-même incomplet. Les seuls ouvrages achevés étaient les forts qui protégeaient la rade.

Les travaux exécutés dans ce port au cours du siècle dernier sont considérables; ils comprennent l'achèvement de la digue du large et de ses forts, le creusement dans le rocher de l'avant-port et des deux bassins qui lui font suite, la création de sept formes de radoub et de cales de construction, l'établissement des forts des Flamands et Chavagnac, des gares de la Mâture et du Béton, le rétrécissement par de nouvelles jetées des entrées Est et Ouest de la rade, la transformation devenue nécessaire des bassins de radoub, le dérochement de l'entrée du port et l'organisation de tous les services de l'arsenal.

L'œuvre la plus considérable accomplie à Cherbourg est certainement la fermeture de la rade par des digues à l'épreuve des plus violentes tempêtes, armées de forts puissants, dont le développement total atteindra près de 8 kilomètres et qui auront été établies au prix d'une somme de plus de 100 millions de francs.

2° *Port de Brest.*

L'arsenal établi à Brest, sur les rives de la Penfeld, possédait déjà, à la fin du dix-huitième siècle, les ressources essentielles d'un grand établissement maritime et avait armé de nombreuses escadres.

Dans la première partie du dix-neuvième siècle, la marine a exécuté à Brest les travaux suivants : établissement de quais complémentaires, réfection, avec des dimensions plus grandes, des deux formes de radoub établies dans la crique de Pontaniou et de celle installée sur la rive gauche de la Penfeld, construction de nouveaux ateliers et magasins.

L'arsenal était resté jusqu'à ce moment enserré entre les collines qui bordent la Penfeld et qui entravaient son développement. Dans la seconde moitié du dix-neuvième siècle la marine s'est appliquée à déblayer les coteaux voisins et à transférer certains services, en dehors du vallon de la Penfeld, sur les bords de la rade. Elle a dérasé la colline du Bocage, sur la rive droite, recoupé les hauteurs de la Boucherie et du Point-du-Jour, sur la rive gauche, créé dans la Penfeld une île qui a été couverte de magasins et constitué dans l'anse de Laninon, à l'ouest de l'entrée de la Penfeld, de grands terre-pleins précédés d'un vaste avant-port. Dans l'emplacement de la colline du Bocage, ont été créés les quatre bassins de radoub du Salon et les magasins de la Mâture.

Les terre-pleins créés par le dérasement des hauteurs de la Boucherie et du Point-du-Jour ont été affectés au service des ateliers de construction des bâtiments en fer et vont recevoir une première cale de construction pour les navires d'une très grande longueur.

Les terre-pleins constitués dans l'anse de Laninon recevront les principaux services du ravitaillement, la défense mobile et deux formes de radoub accessibles, à basse mer, aux plus grands bâtiments.

Ces terre-pleins sont achevés et la marine en poursuit l'organisation.

L'avant-port qui les précède constituera une rade fermée où les escadres opéreront

leur ravitaillement, au retour de leurs croisières ou de la bataille, à l'abri des surprises des torpilleurs ennemis et dans une eau calme.

La marine poursuit l'achèvement des jetées de la rade-abri aujourd'hui très avancées.

Le dégagement du lit de la Penfeld a, de plus, été commencé par le dérasement de la roche « la Rose » qui obstruait l'entrée du port; le lit est disposé de manière à faciliter les manœuvres des longs bâtiments dans la rivière et à rendre plus facile l'accostage aux quais, à toute heure, du matériel de servitude.

La Penfeld sépare la ville de Brest, comme l'arsenal, en deux parties, dont les communications ont, tout d'abord, été assurées au moyen de ponts flottants.

Les travaux publics ont relié les deux parties de la ville par le pont tournant de 100 mètres d'ouverture qui rattache le quartier de Recouvrance au centre de la cité. La marine a entrepris, de son côté, de faire traverser la Penfeld par le réseau ferré qui relie ses établissements au chemin de fer de Paris à Brest et de prolonger ses rails sur les quais de la rive droite et sur les terre-pleins de Laninon. Les travaux engagés dans ce but comprennent la construction de deux ponts tournants consécutifs, dont l'un à une volée de 70 mètres, et d'un passage souterrain permettant le parcours des voitures et des piétons, entre les quais de la rive droite et les terre-pleins de Laninon. Les travaux ont été commencés par la construction de ce souterrain récemment achevé.

En dehors de ces grands travaux, on a exécuté des ouvrages importants pour amener au port l'eau nécessaire au service des établissements et au ravitaillement de la flotte. Un petit port a été établi dans le goulet, à la hauteur de Mengam. On a, en outre, entrepris la reconstruction des formes de radoub de Pontaniou, dont les dimensions seront mises en rapport avec celles des croiseurs récents et des plus grands cuirassés.

3° *Port de Lorient.*

Les principales installations du port de Lorient, à la fin du dix-huitième siècle, étaient celles réalisées sur les bords du Scorff par la Compagnie des Indes.

Depuis, la marine a construit, dans ce port, deux formes de radoub et quelques quais. Elle a, en outre, développé les ateliers. Les grands chantiers de construction ont été organisés avec un soin tout particulier. Le principal bassin de radoub a été agrandi et va être de nouveau allongé. Des dragages ont été effectués dans le Scorff et dans les rades de Penmané et de Port-Louis, pour en maintenir les profondeurs, et la marine vient de décider de les étendre aux passes d'entrée.

4° *Port de Rochefort.*

Le port de Rochefort était déjà pourvu en 1800 des installations nécessaires pour les besoins de la marine à voile; on y a installé depuis deux formes de radoub, des cales de construction nouvelles et des appontements. En outre, les ateliers ont reçu le développement nécessaire pour satisfaire aux besoins de la marine moderne.

L'une des formes de radoub du port vient d'être allongée; l'autre, construite pour recevoir à la fois deux petits bâtiments, doit faire place à une forme de grandes dimensions.

La marine approfondit la Charente afin de permettre aux navires de guerre d'ac-

céder à l'arsenal dans les faibles marées. Les travaux de dragage entrepris comprennent le creusement du lit de la rivière, déjà commencé avec succès par les Travaux publics, et la coupure de la barre vaseuse de Fouras.

5° *Port de Toulon.*

Au commencement du dix-neuvième siècle le port de Toulon était limité aux darses Vieille et de Vauban, qui étaient entourées par l'enceinte fortifiée; il ne possédait qu'un seul bassin de radoub construit à la fin du dix-huitième siècle.

Depuis, l'arsenal principal de Toulon s'est agrandi par la construction des darses de Castigneau et de Missiessy et le recul des fortifications. Deux nouvelles formes de radoub ont été construites dans la darse Vauban et trois autres, dont une forme double, ont été installées dans la darse de Castigneau. Trois autres grandes formes, auxquelles une quatrième doit bientôt s'ajouter, ont été établies dans la darse de Missiessy en vue de recevoir les plus grands cuirassés et croiseurs. L'entrée de la darse de Missiessy vient d'être remaniée pour faciliter l'entrée des grands bâtiments. Elle est franchie par la voie ferrée du port au moyen d'un pont tournant de 50 mètres d'ouverture.

Des dépendances de l'arsenal principal ont été créées ou développées au Mourillon, dans la presqu'île de Milhaud, à Lagoubran et à Brézaillon, pour les services des constructions navales et de l'artillerie. L'arsenal principal et ses dépendances embrassent aujourd'hui, autour de la rade, un front de 5 kilomètres, muni de darses et de nombreux ports secondaires et interrompu seulement, sur une courte distance, par l'entrée du port de commerce.

La petite rade a été creusée de manière à offrir aux bâtiments un mouillage de plus de 300 hectares. Des appontements ont été installés sur ses rives dans la région de Castigneau pour le ravitaillement des navires de guerre. La rade a été mise à l'abri des torpilleurs ennemis par la construction de jetées de près de 2 kilomètres de longueur.

6° *Installations de la marine sur le littoral de la métropole et des colonies.*

Sur tout le littoral de la métropole et en Corse, la marine a poursuivi l'organisation de postes de torpilleurs et de points d'armement des paquebots du commerce grande vitesse, qui seront utilisés comme croiseurs auxiliaires en temps de guerre.

En dehors de la métropole et dans la Méditerranée, la marine a installé des postes de torpilleurs et des points de ravitaillement sur les côtes d'Algérie et jeté les bases d'un grand arsenal à Bizerte, dont elle poursuit actuellement la construction.

Dans les mers lointaines elle a créé l'arsenal de Saïgon, pourvu d'une grande et d'une petite forme de radoub. Elle a concouru à l'établissement d'une forme de radoub à la Martinique, commencé les travaux de construction d'un arsenal à Dakar et installé divers points de ravitaillement pour les bâtiments de la flotte.

Importance de l'ensemble des travaux exécutés par la marine.

L'ensemble des travaux de construction de nos ports de guerre et des installations accessoires créées, en dehors de ces ports, sur le littoral de la métropole et des colonies, représente une dépense de plus de 500 millions de francs, dont la plus grande partie correspond aux travaux exécutés de 1800 à 1900.

Ces travaux sont l'œuvre du corps des ponts et chaussées, et, parmi les ingénieurs de grand mérite qui y ont concouru, nous nous bornerons à citer les plus anciens : Fouque-Duparc, Bernard, Noel, Garnier. Leur œuvre considérable a comporté des travaux exceptionnels par leur importance et les difficultés vaincues, dans lesquels ils se sont montrés les dignes émules de leurs prédécesseurs du dix-huitième siècle parmi lesquels il faut citer : Groignard, Cachin et Touffaire.

III. — Procédés employés dans l'exécution des travaux.

L'étude des procédés employés dans l'exécution des travaux importants réalisés dans les ports militaires au cours du siècle dernier présente un grand intérêt pour les ingénieurs, à raison de l'application qui a été faite à ces travaux des progrès accomplis dans l'art des constructions.

1° *Terrassements, dragages, dérochements.*

Le creusement des bassins et la construction de la digue de Cherbourg, le dégagement des terre-pleins et l'établissement des jetées de la rade-abri de Brest ont nécessité l'exploitation des terrains de rocher en grandes masses.

Le procédé des petites mines, appliqué pendant la première moitié du siècle dernier, a été remplacé par la méthode des grandes mines.

Les explosifs nouveaux ont été mis en œuvre, concurremment avec la poudre, dans les chantiers les plus récents.

Les rails ont été employés de très bonne heure dans les transports des déblais par terre; la vapeur a remplacé la voile dans les transports par eau, qui avaient grevé très lourdement les premiers travaux de Cherbourg.

Les dragages ont porté sur des alluvions, soit de vase ou d'argile, soit de sable compact, comme dans les rades de Toulon, de Brest, de Lorient et dans la Charente, soit d'argile ou de gravier mêlés de bancs calcaires ou de poudingues, comme à Bizerte et à Toulon.

L'ancienne cure-molle, manœuvrée par les forçats, a été remplacée par des dragues à vapeur de plus en plus puissantes et travaillant à des prix relativement réduits.

Presque tous les dragages ont été exécutés au moyen de la drague à godets. La drague à succion n'a servi que pour les sables meubles de la barre de la rade de Lorient.

Une partie des déblais effectués a été utilisée pour créer des terre-pleins, notamment à Brest dans l'anse de Laninon, où une surface de plus de 40 hectares a été remblayée sur une hauteur atteignant 11 mètres au maximum.

Des terre-pleins importants ont également été créés ainsi à Lorient, à Toulon et à Bizerte. Les remblais ont été exécutés par refoulement, au moyen de pompes, ou exceptionnellement avec des wagons.

Les premiers dérochements effectués à Cherbourg et à Brest ont été poursuivis d'abord en plaçant des explosifs dans des trous forés par un puissant trépan, puis en les posant directement sur la surface de la roche par le procédé dit américain.

Le dérasement de la roche « la Rose », à Brest, a été terminé au moyen de la cloche mobile imaginée par M. Hersent. Le même procédé a été appliqué au creuse-

ment de l'entrée de l'avant-port de Cherbourg et à l'achèvement de la darse de Missiessy à Toulon. On n'a pas employé de dérocheuses à pilon, toutefois un appareil de cette espèce est en cours de construction pour les travaux de dérochement à exécuter à Brest.

Le banc de poudingue qui encombrait les abords de la darse de Missiessy, et qu'on avait d'abord attaqué uniquement avec des explosifs, a pu être enlevé au moyen d'une drague à godets convenablement armée et en recourant à un emploi très restreint d'explosifs.

2° *Digues et jetées.*

Les digues et jetées ont été établies d'après des types de construction très divers, suivant l'exposition à la mer de ces ouvrages et les ressources locales en matériaux. Les ouvrages exécutés présentent, dans leur ensemble, un résumé des progrès de l'art de l'ingénieur en ce qui concerne ce genre de constructions.

Après l'abandon des cônes essayés par de Cessart, la digue centrale de Cherbourg devait être constituée uniquement au moyen d'enrochements. Les indications de l'expérience, interprétées avec sagacité par les ingénieurs, les ont conduits progressivement au type actuel.

Ils ont reconnu successivement la nécessité de protéger la risberme extérieure des enrochements en la recouvrant des plus grosses pierres extraites des carrières, puis de couronner les enrochements d'une muraille fondée au niveau des basses mers et dont les parapets s'élèvent à 4 mètres au-dessus des plus hautes mers. Ils employèrent ensuite des blocs artificiels en maçonnerie pour fixer les enrochements au pied de la muraille de couronnement à construire, puis comme moyen de protection de la base des forts.

Les nouvelles études entreprises, pour le rétrécissement des passes ouest et est de la rade, ont conduit à conserver, pour la construction de ces nouveaux ouvrages, le type que l'expérience a consacré dans l'établissement de l'ancienne digue. Mais des modifications utiles ont été introduites dans les conditions d'exécution du travail.

La base de la muraille a été constituée au moyen de blocs en maçonnerie pesant environ 100 tonnes, construits à terre, puis transportés sur le soubassement en enrochements et soudés entre eux par de la maçonnerie, à la faveur des basses mers de vive eau. Les maçonneries ainsi élevées d'un seul coup jusqu'au niveau des basses mers de morte eau ont ensuite été continuées sur place jusqu'à leur couronnement.

Le poids des blocs naturels employés au revêtement de la risberme a été augmenté considérablement en mettant à profit les progrès réalisés dans les procédés d'extraction des rochers et dans les dispositions des engins de levage et de transport. Le poids des blocs s'est élevé couramment de 30 à 36 tonnes, alors qu'auparavant il n'atteignait qu'exceptionnellement de 8 à 9 tonnes.

Ces conditions d'exécution et l'emploi exclusif du ciment de Portland ont permis de mener à bonne fin la construction de la jetée de Querqueville, de 1100 mètres de longueur, par une marche sûre, sans subir aucune avarie sérieuse, malgré des tempêtes extraordinaires, et d'obtenir une risberme très stable.

L'emploi de pierres de taille dans les parements vus et celui de moellons convenablement appareillés et à joints serrés dans la face intérieure des maçonneries, soustraient, dans la mesure du possible, les mortiers à l'action chimique des eaux de la mer.

La jetée qui ferme la rade de Cherbourg à l'est, entre le fort de l'île Pelée et la terre, est établie dans de petits fonds et élevée seulement jusqu'au niveau des hautes

mers, pour arrêter les embarcations ennemies. Elle est constituée, en partie, par un massif en enrochements couronné d'une muraille en maçonnerie, et, en partie, par un mur fondé directement sur le rocher.

Les jetées de la rade-abri de Brest ont été construites dans le système appliqué à la digue de Querqueville, mais avec un profil beaucoup moins résistant.

Les ressources spéciales du pays ont conduit à former le corps de la jetée uniquement en enrochements dans les petits fonds qui avoisinent le port de commerce.

La jetée du port de Mengam, construite sur la rive nord du goulet de Brest, dans des conditions qui rendaient difficile l'exécution sur place des maçonneries, a été constituée au moyen de blocs en maçonnerie superposés.

Les jetées de Toulon ont été construites en enrochements enveloppés par des blocs artificiels, suivant les procédés en usage dans les ports de la Méditerranée, mais avec un profil que les circonstances ont permis de faire relativement léger.

Les jetées établies à la Réunion, par la Compagnie du port des galets, sous le contrôle du service des Travaux hydrauliques de la marine, consistent en une muraille formée de blocs en maçonnerie inclinés sur la verticale et arrimés au moyen d'un puissant titan. Des blocs, également en maçonnerie, protègent le pied de la muraille contre les affouillements.

Les jetées en cours d'exécution à Bizerte sont constituées par une muraille assise sur un soubassement en enrochements arasé à 8 mètres au-dessous des basses mers. Cette muraille est établie au moyen de caissons en fer d'un volume d'environ 2000 mètres cubes, d'abord remplis partiellement en maçonnerie de moellons, puis conduits et échoués sur les enrochements et remplis finalement avec du béton.

A Dakar, où les nouvelles jetées ont pour but de protéger les navires plutôt contre les surprises de l'ennemi que contre la mer, on a admis pour ces jetées un profil relativement léger, formé d'une muraille construite en blocs de maçonnerie superposés et assise sur des enrochements à 5 mètres en contre-bas des basses mers.

3° *Quais et appontements.*

Les murs de quai construits par la marine ont pu être établis, pour la plupart, sur le sol naturel ou sur pilotis. Les nouvelles méthodes de construction ont trouvé leur application dans l'établissement des murs de quai de la darse de Missiessy et de l'épi de Castigneau à Toulon, dans la construction de portions de murs à Lorient et dans celle du nouveau quai de l'Artillerie, à Brest, et des quais du bassin de la Cloche, à Rochefort, enfin dans les fondations de la grue de 100 tonnes de Rochefort.

Les murs de la darse de Missiessy et l'épi de Castigneau, à Toulon, ont été construits au moyen de blocs de maçonnerie superposés.

Les sections de murs de Lorient ont été établies, au moyen de havages, dans des terrains difficiles.

Les murs du nouveau quai de l'Artillerie, à Brest, et du quai du bassin de la Cloche, à Rochefort, ont été constitués au moyen de piles reliées par des voûtes. Les fondations des piles ont été exécutées à l'air comprimé pour les premiers de ces murs et sur pilotis, au moyen d'épuisements pour les seconds.

Les fondations de la grue de 100 tonnes, à Rochefort, ont été établies au moyen de l'air comprimé.

Les appontements établis sur la rive nord de la rade de Toulon, à Castigneau,

sont formés d'un tablier en charpente supporté par des files de pieux enfoncés de plusieurs mètres dans le terrain compact et dont la tête est maintenue par des chaînes amarrées à des corps morts. Les pieux sont protégés par un doublage en zinc. Ce type d'appontement présente l'avantage de supporter, sans avarie, la pression des lourds bâtiments de combat, grâce à l'élasticité de ses éléments.

Les appontements établis dans la Charente, pour le service de l'arsenal de Rochefort, sont formés d'un tablier en bois, ou, récemment, en béton armé, supporté par des colonnes en fonte, qui reposent elles-mêmes sur des pilotis; un système de charpente protège les colonnes contre le choc des navires.

La marine a construit divers autres appontements sur pieux métalliques battus ou vissés dans le sol. Les plus importants sont l'appontement établi à Saïgon, dont les pieux sont en tôle, et celui de Rufisque dont les pieux sont en fers pleins. Les pieux de ces deux appontements sont vissés dans le sol.

4° *Cales de construction.*

Les cales de construction établies au commencement du dix-neuvième siècle ne recevaient que des navires d'une longueur totale de 80 mètres au maximum. Aujourd'hui il faut prévoir l'admission de bâtiments de 200 mètres et plus. Les avant-cales doivent être allongées comme les cales elles-mêmes et des fouilles profondes doivent être aménagées au delà des avant-cales en vue du lancement des navires.

Les cales de construction étaient abritées, jusqu'à une date récente, par des toitures construites entièrement en bois ou supportées par des arcades en maçonnerie. Les toitures récemment établies à Lorient et à Cherbourg sont formées d'une charpente en acier. Les nefs sont fermées latéralement et couvertes par des vitrages.

La cale de Cherbourg est appuyée par des nefs latérales, abritant des machines-outils et des voies ferrées. Le service de la nef centrale est assuré par des ponts roulants ou des treuils électriques suspendus au-dessous des fermes de la toiture.

5° *Bassins de radoub.*

Les bassins de radoub, établis au commencement du dix-neuvième siècle pour les vaisseaux à voiles, avaient une longueur de 80 mètres, leur largeur à l'entrée était de 16 mètres au niveau du seuil et l'on prévoyait des tirants d'eau de 6 mètres.

Les dimensions des bassins ont augmenté progressivement avec celles des navires. Les bassins en cours d'exécution ou projetés ont des longueurs de 200 mètres et même de 230 mètres, et l'on prévoit l'allongement ultérieur jusqu'à 250 mètres. La largeur à l'entrée est de 25 mètres, au niveau du seuil. Les tirants d'eau prévus sont normalement de 10 mètres.

La nécessité de recevoir promptement les bâtiments en danger a conduit à admettre un abaissement des seuils jusqu'à 8 mètres en contre-bas du zéro dans les ports où la marée a une amplitude marquée, comme Brest et Cherbourg.

Les travaux de construction ou de transformation des bassins de radoub ont été faits, en général, derrière des batardeaux, au moyen d'épuisements.

Pour la transformation de deux bassins de radoub, à Cherbourg et à Brest, on a facilité la mise en place et la démolition du batardeau établi dans l'écluse d'entrée, en formant ce batardeau d'un caisson muni à sa base d'une chambre permettant le travail à l'air comprimé. Les ingénieurs chargés de construire ces bassins de radoub

n'ont pas eu recours aux épuisements, en raison de la trop grande abondance des eaux souterraines.

Le premier bassin de radoub, créé à Toulon, à la fin du dix huitième siècle, dans la darse Vauban, a été construit par Groignard, à l'intérieur d'un grand caisson en charpente échoué dans une fouille préalablement draguée à la profondeur voulue.

Le second bassin, établi également dans la darse Vauban, a été formé par un massif général de béton, coulé à l'intérieur de coffrages en bois, dans une fouille draguée, de manière à former le radier et les massifs des bajoyers. Un batardeau en béton établi, du même coup, en avant de la forme et des batardeaux transversaux semblables ont permis d'exécuter à sec les revêtements intérieurs en pierre.

Ce procédé, dont la première application avait rencontré de grandes difficultés, mais que l'habileté de Bernard avait su rendre pratique, a été appliqué, successivement, au troisième bassin de la darse Vauban, puis aux trois bassins de la darse de Castigneau.

Lorsqu'il s'est agi de construire de nouveaux bassins dans la darse Missiessy, on a discuté de nouveau le système en question; les études faites ont conduit à revenir à l'emploi de grands caissons, mais en y introduisant les améliorations que comportent les progrès réalisés dans l'art de l'ingénieur. Les caissons ont été construits en fer et munis, à leur partie inférieure, d'une chambre de travail à l'air comprimé, ce qui a permis de déraser le sol avec une grande précision et d'assurer une excellente assiette aux constructions.

Ce procédé, appliqué par M. Hersent aux deux premières formes de la darse Missiessy, sous la direction des ingénieurs des Travaux hydrauliques de la marine, a été couronné d'un plein succès.

Il a été appliqué depuis au bassin de radoub de Saïgon et au troisième bassin de la darse Missiessy.

Le bassin de Saïgon a été construit dans deux caissons séparés que l'on a ensuite raccordés, en étanchant le joint intermédiaire au moyen de béton.

Le troisième bassin de la darse Missiessy devait avoir originairement une longueur intérieure de 150 mètres; le caisson destiné à la construction avait déjà reçu une partie des maçonneries lorsque la marine décida de porter la longueur du bassin à 175 mètres. Cet allongement a été obtenu au moyen d'un caisson supplémentaire qui a été raccordé avec le précédent suivant le procédé appliqué à Saïgon.

Le caisson principal avait 180 mètres de longueur, sur 41 mètres de largeur; son déplacement atteignait 40000 tonnes lorsqu'il a été remorqué à l'emplacement où il a été échoué, et s'élevait à 100000 tonnes au moment de son échouage définitif.

Les trois bassins de la darse Missiessy ont été reliés entre eux au moyen d'aqueducs établis à l'intérieur de tubes échoués, entre les bassins voisins, dans des fouilles faites à la drague, et raccordés avec les bajoyers de ces bassins à l'aide de l'air comprimé.

L'emploi de puits havés a été réalisé avec succès pour la construction du bassin n° 3 de Rochefort et pour le prolongement ultérieur de ce bassin. Il a été décidé que l'on aurait recours à ce procédé pour le prolongement du bassin n° 1 de la darse de Castigneau, à Toulon. Cet essai permettra de se rendre compte de l'importance des eaux souterraines dans le sous-sol de l'arsenal de Toulon et de la possibilité d'y établir des fondations profondes par voie d'épuisement, en mettant en jeu les puissants moyens dont on dispose aujourd'hui.

Les bassins de la darse de Castigneau ont dû subir des réparations importantes à

la suite de décompositions de mortiers qui se sont produites. Ces réparations ont consisté à refaire une partie des maçonneries, par fractions successives, à l'abri du bateau-porte. Les parements des bajoyers des écluses ont été refaits au moyen d'un suçon mobile dont l'emploi a donné de très bons résultats.

6° *Passes d'entrée des ports et des darses.*

Les passes d'entrée des ports et de leurs darses ont dû être modifiées sur plusieurs points par suite de l'augmentation des dimensions des navires ou des nouvelles nécessités militaires.

La roche « la Rose » a été dérasée à l'entrée du port de Brest.

L'entrée de l'avant-port de Cherbourg a été approfondie dans le rocher jusqu'à une profondeur de $6^m,80$ au-dessous du zéro.

Dans le même port, la passe d'entrée du bassin Charles X a été approfondie de la cote — $4^m,20$ à la cote — $9^m,25$ et sa largeur au couronnement a été portée de $17^m,90$ à 30 mètres. Cette passe est établie dans des rochers schisteux. L'un des bajoyers a été refait, de toutes pièces, au moyen d'une fouille creusée en arrière du bajoyer ancien ; l'autre bajoyer a été repris en sous-œuvre, avant le dérasement du seuil, au moyen de puits et de galeries pratiqués en arrière et au-dessous des anciennes maçonneries. Le travail d'abaissement du seuil a été préparé au moyen de galeries creusées à sec au-dessous du radier. Le dégagement de la passe a été terminé au moyen d'une cloche permettant le travail à l'air comprimé après rupture du ciel des galeries par une explosion générale.

A Toulon, la passe de la darse Missiessy a été élargie par la suppression d'une pile qui la divisait en deux parties et qui avait été établie pour supporter le pont tournant donnant passage à la voie ferrée du parc à charbon de Castigneau. La largeur libre de la passe a été ainsi portée de 28 à 50 mètres.

7° *Ponts mobiles.*

Jusque dans le premier tiers du dix-neuvième siècle, les communications à l'intérieur des arsenaux n'étaient assurées que par des bacs ou des ponts de bateaux. Plusieurs ponts de cette espèce sont encore en service : à Brest, pour la traversée de la Penfeld ; à Lorient, pour le passage du Scorff et, à Toulon, pour la traversée de l'une des passes intérieures du port.

Ces ponts se replient en entier lors du passage des grands navires ; ils présentent une travée mobile de petite dimension que les hommes de service halent de côté pour le passage des embarcations et du matériel de servitude.

Les ponts mobiles installés sur les bajoyers des passes ont tous une seule voie charretière. Les premiers ont été construits à Cherbourg ; leur portée était au plus de 18 mètres et ils n'étaient établis qu'en vue de charges relativement légères.

La passe d'entrée principale du bassin Napoléon III, de 26 mètres de largeur, a reçu, postérieurement à son établissement, deux ponts tournants, placés à l'une et l'autre de ses têtes ; chacun de ces ponts est formé de deux volées reliées ensemble par des verrous. Les poutres sont placées au-dessous des trottoirs qui sont établis en encorbellement.

Les ponts plus récents sont d'une seule volée et construits en vue de donner passage à des trains et, au besoin, à des locomotives de grande puissance. Les tabliers sont supportés par deux poutres de tête à âme pleine ou à treillis.

Le premier pont établi dans ces conditions a été le pont tournant de la passe de la darse Missiessy à Toulon, qui reposait sur une pile établie dans la passe et dont la plus grande volée franchissait une largeur de 24 mètres.

Plus tard, deux ponts roulants d'environ 30 mètres d'ouverture ont été installés : l'un à Brest, sur l'écluse d'entrée de la forme n° 5 ; l'autre à Cherbourg, sur la passe d'entrée du bassin Charles X élargie. Ces ponts sont mus par l'eau sous pression.

Le pont tournant qui franchissait la passe de la darse Missiessy, à Toulon, a été remplacé, après l'élargissement de cette passe, par un pont de 50 mètres d'ouverture mû par l'eau sous pression et dont les organes de manœuvre présentent des dispositions intéressantes.

La longueur totale du tablier de ce pont est de 90 mètres.

Le prolongement des voies ferrées du port de Brest sur la rive droite de la Penfeld et sur les terre-pleins de Laninon comporte l'établissement d'un pont tournant à une volée de 70 mètres d'ouverture, suivi d'un autre pont tournant de 12 mètres d'ouverture.

Le pont principal sera établi au niveau des quais du port militaire, un peu en aval du pont tournant, à deux volées, de 100 mètres d'ouverture, établi par le service des ponts et chaussées, au-dessus de l'arsenal, pour relier le quartier de Recouvrance à la ville de Brest.

OBJETS EXPOSÉS :

Ainsi que nous l'avons dit plus haut, il n'a été exposé aucun objet se rapportant aux ports militaires.

---

§ 3. — Phares et Balises.

Généralités.

Aux termes de la classification générale, jointe au décret du 4 août 1894, portant règlement général de l'Exposition universelle de 1900, les phares et balises figurent à la Classe 29, sous la rubrique : Travaux d'éclairage et de balisage des côtes et, à la Classe 28, sous la rubrique : Matériel de l'éclairage des côtes et du balisage.

En fait, l'Exposition contemporaine des phares et balises a été rattachée complètement à la Classe 28 et rien de ce qui la concerne n'a figuré à la Classe 29.

L'exposition rétrospective, jointe à l'exposition contemporaine, étant, aux termes de l'article 3 du décret précité, répartie entre les classes, l'exposition rétrospective des phares et balises a dû suivre l'exposition contemporaine, et c'est au rapporteur de la Classe 28 qu'il appartient de faire ressortir les immenses progrès réalisés dans l'éclairage et le balisage des côtes pendant le siècle dernier. Nous nous bornerons à donner la description du modèle et des dessins qui ont été exposés à la Classe 29 par l'École des ponts et chaussées et par trois ingénieurs en chef.

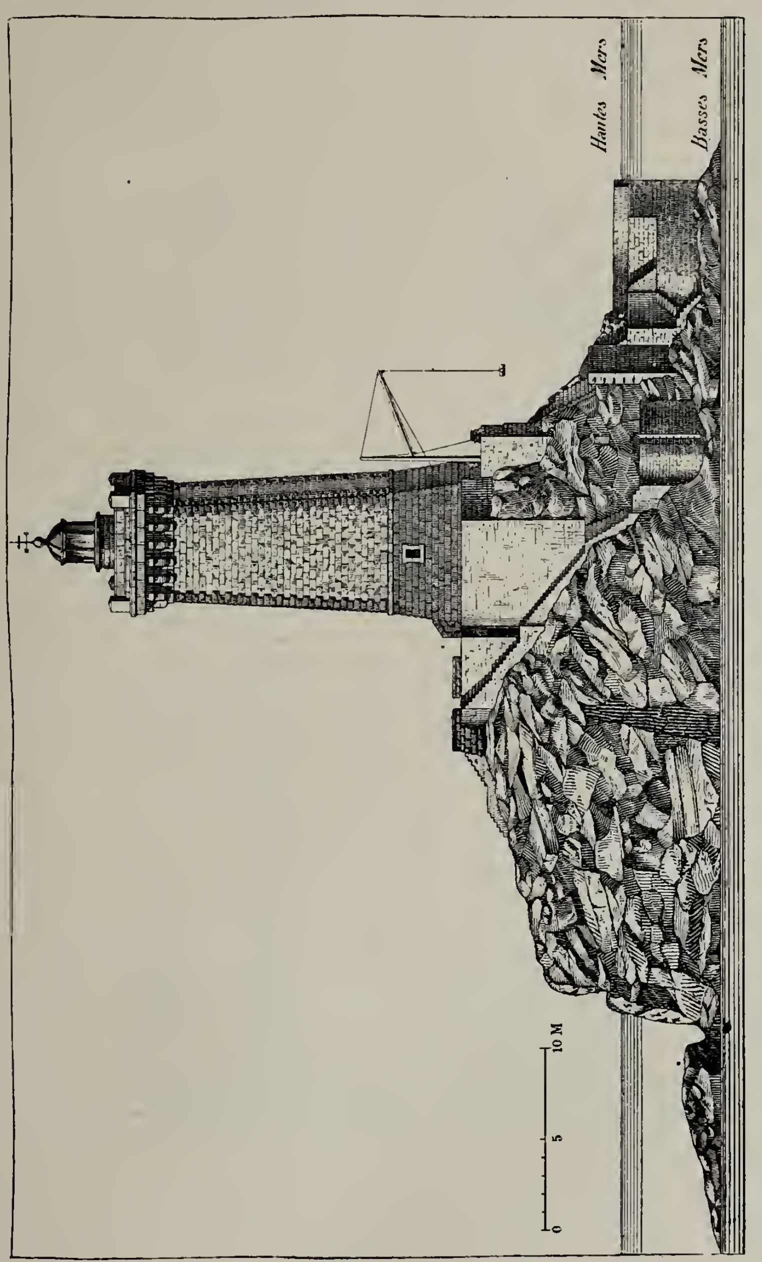
OBJETS EXPOSÉS :

Les exposants, en ce qui concerne les phares et balises, sont au nombre de quatre, savoir :

IV. — PORTS MARITIMES

§ 3. — Phares et Balises.

Phare de la Vieille.

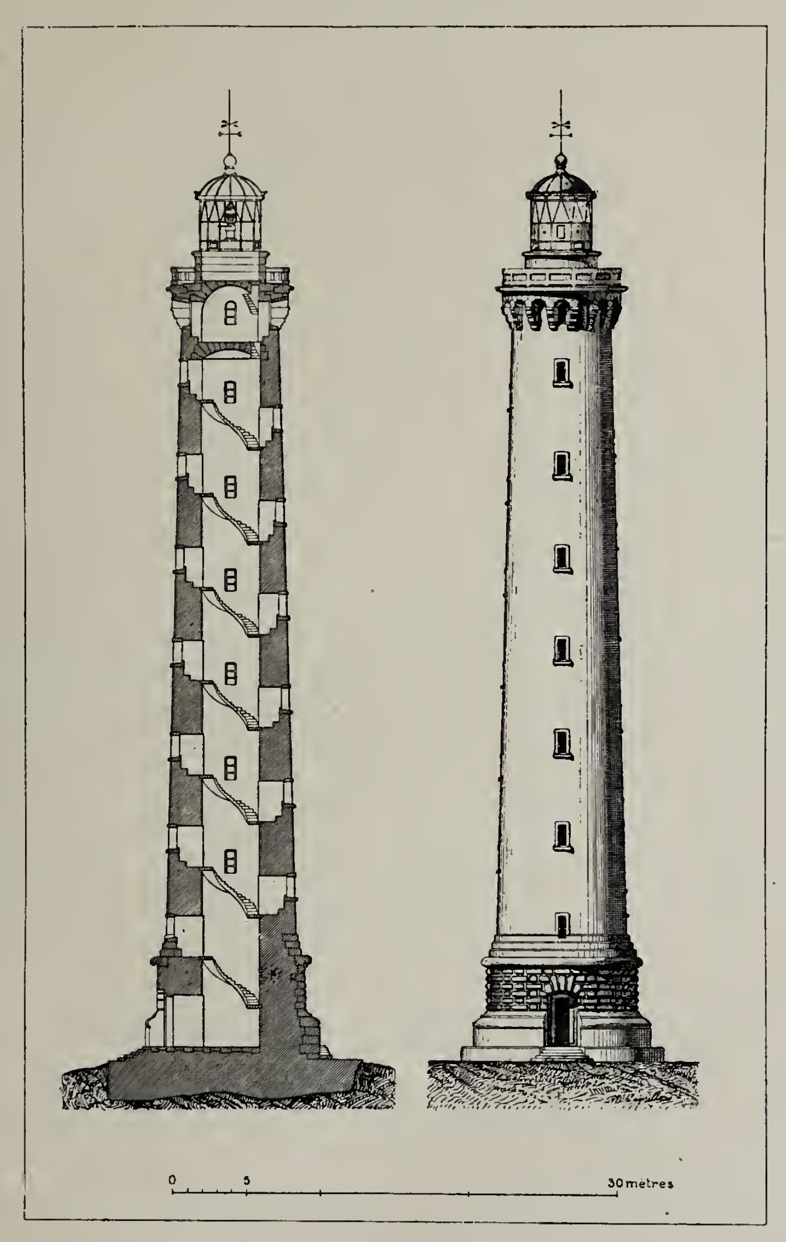


Vue d'ensemble du phare.

IV. — PORTS MARITIMES

§ 3. — Phares et Balises.

Phare électrique de Planier.



Coupe et élévation du phare.

École des ponts et chaussées.

(M. l'inspecteur général Ricour, directeur; M. l'inspecteur général de Dartein, inspecteur.)

Service des ports de commerce du département des Bouches-du-Rhône.

(M. Batard-Razelière, ingénieur en chef.)

Service des ports de commerce du département de la Gironde, comprenant la Garonne maritime et la Gironde.

(M. Voisin, ingénieur en chef.)

Service des ports de commerce du département de la Vendée.

(M. Salle, ingénieur en chef.)

I. — École des Ponts et Chaussées.

Phare de la Vieille (Finistère).

(Modèle à l'échelle de $0^{m},04$ par mètre.)

Le phare de la Vieille a été construit en vue de faire disparaître les dangers que présentait pour la navigation le passage du Raz de Sein, compris entre l'île de Sein et le bec du Raz, une des extrémités occidentales de la Bretagne.

Ce phare, établi sur un rocher en mer, a présenté les plus grandes difficultés de construction.

Le phare a la forme d'une tour quadrangulaire avec une demi-tour ronde accolée à la face nord et contenant l'escalier tournant. La tour quadrangulaire se compose d'un rez-de-chaussée renfermant les caisses à eau et le matériel d'accostage et de quatre chambres superposées dans l'ordre suivant : magasin aux huiles, cuisine, chambre à coucher, chambre de service.

La tour porte un feu fixe de troisième ordre. Le plan focal est à $33^{m},25$ au-dessus du niveau des hautes mers et à $22^{m},05$ au-dessus du sommet des rochers.

Deux secteurs rouges, un secteur vert et un secteur obscur couvrent les trois groupes de dangers de l'île de Sein, du plateau de Tévennec et du bec du Raz.

Les études ont été faites et les travaux exécutés sous la direction de MM. les ingénieurs en chef Fénoux et Considère et de M. l'ingénieur ordinaire de Miniac.

II. — Service des ports de commerce du département des Bouches-du-Rhône.

Etats du phare du Planier en 1800 *et en* 1900.

(Dessins.)

Le panneau de dessins exposé par le service des ports de commerce du département des Bouches-du-Rhône comprend (figures III et VIII) des dessins représentant le phare du Planier en 1800 et en 1900.

Ce phare, qui signale le port de Marseille aux navigateurs, était installé en 1800 au sommet d'une petite tour en maçonnerie; le foyer lumineux, constitué par des réverbères ordinaires, n'était qu'à une hauteur de $17^{m},50$ au-dessus du niveau de la mer; sa portée ne dépassait pas 8 à 9 milles marins.

Le phare est installé aujourd'hui au-dessus d'une haute tour en maçonnerie ; le foyer lumineux, constitué par une lampe électrique à arc, est à 63 mètres au dessus du niveau de la mer; sa puissance lumineuse équivaut à celle de 60 000 becs Carcel et sa portée atteint 50 milles.

III. — Service des ports de commerce du département de la Gironde.

(Panneau comprenant trois plans comparatifs du balisage de la Garonne et de la Gironde, de Bordeaux à la mer, en 1800, 1880 et en 1900.)

1° *Éclairage et balisage de la Gironde en* 1800.

En 1800, l'éclairage de la Gironde ne comporte que le phare de Cordouan. Le balisage est réduit, comme ouvrages spéciaux, aux deux balises de l'Est et de Saint-Nicolas, servant, avec les trois sémaphores de la Coubre, de Terre-Nègre et de Saint-Nicolas et de l'église de Saint-Pierre de Royan, à la définition des alignements des passes Nord et Sud de l'entrée du fleuve.

On utilisait d'ailleurs divers amers : maisons, clochers, etc., pour la navigation de jour.

2° *Éclairage et balisage de la Garonne et de la Gironde en* 1880.

En 1880, l'éclairage et le balisage de la Garonne et de la Gironde, entre Bordeaux et la mer, sont assurés par :

17 phares ou feux d'alignement, non compris les phares de Hourtin ;
6 feux flottants, dont 2 en amont de Pauillac ;
14 feux ou fanaux de rives ou de port, dont 3 en aval de Pauillac ;
11 balises en bois ou en fer ;
69 bouées ordinaires, dont une signalée de nuit par un feu ;
35 amers classés ;
1 bouée à miroir et à cloche, à l'embouchure du fleuve, passe du Nord ;
1 cloche d'alarme, signal de brume, placée à Lagrange, à 14 kilomètres en aval de Bordeaux.

Les phares, les feux flottants et les feux de rives ou de ports servent, en outre, d'amers pendant le jour.

Les 11 feux de rives ou de ports, situés en amont de Pauillac, sont des feux de faible portée, non considérés comme appartenant à l'éclairage maritime.

Les appareils des phares ou feux d'alignement des 4 feux flottants et des 3 feux de rives ou de ports situés en aval de Pauillac comprennent :

1 appareil dioptrique de premier ordre ;
2 — de troisième ordre ;
6 — de quatrième ordre ;
7 — de cinquième ordre ;
7 appareils catoptriques de quatrième ordre ;
3 — de cinquième ordre.

Ces divers appareils sont répartis somme il suit entre les feux :

Feux des ports de Royan, de Callonges et de la cale de Pauillac : 7 appareils dioptriques de cinquième ordre;

Phare de Terre-Nègre : 1 appareil dioptrique de quatrième ordre ;

— 1 appareil catoptrique de cinquième ordre;

Feu flottant du Grand Banc : 2 appareils catoptriques de quatrième ordre ;

A bord de chacun des feux flottants situés en aval de Pauillac se trouve une cloche que l'on sonne en temps de brume.

Les phares ou feux d'alignements, les 4 feux flottants et les 3 feux de rives ou de ports situés en aval de Pauillac sont divisés comme il suit, d'après leurs caractères distinctifs :

9 feux fixes blancs ;
7 feux fixes rouges ;
2 feux fixes verts ;
3 feux fixes blancs et rouges ;
1 feu à éclipses, phare de Cordouan;
2 feux clignotants, feux de la Pointe de Grave et de Patiras ;
1 feu alternativement rouge et vert pendant des intervalles de 20 secondes; Feu de la Palmyre.

Le feu de la Palmyre est seul un feu électrique ; tous les autres sont des feux à l'huile minérale.

3° *Éclairage et balisage de la Garonne et de la Gironde en* 1900.

En 1900, le balisage et l'éclairage de la Garonne et de la Gironde, entre Bordeaux et la mer, comprennent :

2 phares d'atterrage, y compris le phare de Hourtin ;
16 feux d'alignements à terre;
3 feux flottants, dont 1 à gaz ;
27 feux de rives ou de ports, dont 5 à gaz ;
38 bouées lumineuses à gaz ;
3 balises à terre;
43 bouées ordinaires ;
11 amers classés ;
1 bouée à sifflet, placée à l'embouchure de la Gironde, dans la passe Nord ;
1 bouée à cloche et à miroir, placée à l'embouchure de la Gironde, dans la passe Sud.

Les 38 bouées lumineuses à gaz sont de quatre types différents, savoir :

6 bouées d'embouchure, de 7^{mc},500 de capacité ;
16 bouées d'estuaire, de 4^{mc} de capacité;
14 bouées à fond plat, en amont de Pauillac, de 4^{mc},750 de capacité ;
2 bouées du type en forme de bateau, de 2^{mc} de capacité.

Les 43 bouées ordinaires se subdivisent comme il suit :

3 bouées sphéro-coniques, type n° 1 ;
7 — — type n° 2;
20 — — type n° 3 ;
5 bouées à fuseau, ou Gouezel, type n° 2 ;
5 — — type n° 3 ;

3 bouées spéciales, dont deux de forme ellipsoïde de $1^m,40$ de diamètre et une de forme paraboloïde de même diamètre.

Les phares, feux flottants, feux de rives ou de ports et les bouées lumineuses sont divisés comme il suit, d'après leurs caractères distinctifs :

11 feux fixes de direction ;
71 feux fixes d'horizon ;
4 feux à occultation d'horizon ;
3 feux à éclats, feux éclairs.

Les feux de Terre-Nègre et de Grave et les bouées lumineuses de Montrose et de l'île Verte sont à occultation d'horizon.

Les phares de la Coubre, de Talais et de Hourtin sont munis de feux à éclats.

Le phare de la Coubre comprend, outre le feu à éclats, un feu fixe de direction.

Le feu flottant du Grand Banc comprend deux feux fixes d'horizon.

Les feux de Mousset et du Gaet comprennent, chacun, un feu fixe d'horizon et un feu fixe de direction.

Le service du balisage et de l'éclairage de la Gironde comprend, en dehors des signaux indiqués ci-dessus :

2 bateaux-baliseurs, pour la mise en place du matériel, le rechargement des bouées lumineuses, le ravitaillement et la relève du phare de Cordouan et des feux flottants ;
1 usine à gaz d'huile à Royan ;
2 magasins de dépôt et de réparation du matériel à Royan et à Blaye.

Les appareils, au point de vue de la nature de l'éclairage, se répartissent comme il suit :

1 feu électrique (phare de la Coubre);
2 feux à incandescence par le gaz (phares de Royan et de Talais) ;
38 feux permanents à gaz (bouées lumineuses) ;
5 feux permanents à gaz (feux de rives) ;
2 feux à incandescence par la vapeur de pétrole (feu Saint-Georges et secteur renforcé de Grave) ;
4 feux permanents à l'huile minérale (1 feu de port et 3 feux de rives) ;
38 feux à l'huile minérale.

Le phare de la Coubre est muni d'une sirène à air comprimé.

A chacune des extrémités de l'appontement de Pauillac se trouve placée une trompette à main fonctionnant en temps de brume.

Enfin, des signaux de brume, trompette à main ou cloches, sont placés à bord des trois feux flottants situés entre Pauillac et la mer.

La transformation et l'augmentation du balisage et de l'éclairage de la Garonne et de la Gironde de Bordeaux à la mer ont été faites, après la reconnaissance hydrographique de 1892, de Pauillac à l'embouchure, sous la direction du service central des phares et balises et de MM. Crahay de Franchimont, Fouquet et Voisin, ingénieurs en chef, par MM. de Volontat et Kauffmann, ingénieurs ordinaires.

IV. — Service des ports de commerce du département de la Vendée.

Phare de la Chaume.

(Dessins.)

L'ancien phare de la Chaume avait été établi sur la tour du nord du châtea d'Arundel, construit au treizième siècle sur la rive gauche du chenal d'accès des havres des Sables-d'Olonne. Des lézardes, que le temps aggravait, rendaient nécessaire une reconstruction ; d'autre part, les appareils d'éclairage devaient être modifiés et améliorés.

La restauration de la tour fut effectuée en 1851, sous la direction de M. Léonce Reynaud, dans le style de l'époque de la construction.

Le plan de la tour est presque carré ; les murs nord, ouest et sud sont plans et ont respectivement $9^m,20$, $9^m,10$ et $9^m,60$ à la base. Le côté est, est un arc de cercle de $9^m,20$ de développement et de $0^m,45$ de flèche. Ces dimensions sont réduites de $0^m,50$ au sommet. La porte d'entrée, située sur la façade ouest, a 2 mètres de hauteur sur $1^m,40$ de largeur ; elle est décorée de colonnettes et surmontée d'une ogive.

Sur la façade ouest, la tour a $18^m,80$ de hauteur jusqu'au-dessous des corbeaux du parapet et $22^m,80$ jusqu'au-dessus des merlons du parapet. Sur les autres côtés, les hauteurs sont plus grandes. Sur la face est, bordant le quai de la Chaume, la hauteur totale est de $29^m,80$.

La tour est couronnée par un parapet saillant crénelé et supporté par des corbeaux, avec arcades trilobées ogivales.

L'édifice comprend trois étages et un rez-de-chaussée ; il est divisé en deux parties inégales par un mur de refend montant jusqu'à la terrasse, qui est supportée par deux voûtes ogivales. Un escalier de granit en vis Saint-Gille à noyau plein est disposé dans l'angle sud-est et donne accès aux différents étages et à la terrasse.

Les façades nord et sud n'ont pas d'ouverture. Dans la façade ouest sont percées deux fenêtres, une petite et une grande, à chaque étage. Les petites fenêtres sont ogivales ; elles ont $0^m,35$ de largeur et $1^m,25$ de hauteur ; les grandes fenêtres du premier et du deuxième étage sont trilobées : elles ont $0^m,80$ de largeur et $1^m,70$ de hauteur. La grande fenêtre du troisième étage est formée de deux ouvertures géminées ogivales, ayant chacune $0^m,55$ de largeur et $1^m,70$ de hauteur, et séparées par un meneau de $0^m,22$ de largeur.

Un œil-de-bœuf de $0^m,80$ de largeur, placé sous les grandes fenêtres, assure, avec la porte d'entrée, l'éclairage du rez-de-chaussée.

Les mêmes ouvertures se retrouvent sur la façade est, sauf la porte qui est remplacée par une petite fenêtre ogivale.

La lanterne du phare est placée au-dessus de l'escalier et supportée par une tourelle cylindrique de $2^m,60$ de diamètre et de $3^m,18$ de hauteur au-dessus de la terrasse.

La chambre de la lanterne a 2^m de diamètre et $1^m,15$ de hauteur.

Le plan focal est à $25^m,60$ au-dessus du sol et à 32^m au-dessus des hautes mers.

L'appareil lenticulaire actuel est installé depuis le 16 octobre 1862. Sa puissance lumineuse est de 25 becs Carcel et sa portée de 11 milles par temps moyen.

V

CHEMINS DE FER

Renseignements généraux.

Le siècle qui vient de finir a vu naître les chemins de fer. Le premier chemin de fer construit en France, celui de Saint-Étienne à la Loire, a été établi en 1823; il a été construit trois autres lignes en 1826, 1828 et 1830, celles de Saint-Étienne à Lyon, d'Andrézieux à Roanne et d'Épinac au canal de Bourgogne; mais ces chemins de fer étaient à traction de chevaux et ne transportaient que des marchandises. Ce ne fut qu'en 1832 que circula la première locomotive en France et c'est de cette époque que date, en réalité, l'ère des chemins de fer dans notre pays.

Les débuts de ces voies nouvelles furent difficiles. Jusqu'en 1835 la plupart des concessions étaient perpétuelles et l'établissement des lignes se faisait aux risques et périls des concessionnaires, sans subvention ni garantie d'intérêt de l'État, qui n'exerçait sur la construction et sur l'exploitation des lignes qu'une surveillance fort insuffisante.

Cependant, dès 1833, Paulin Talabot, ingénieur des ponts et chaussées, pressent ce que l'avenir réserve aux chemins de fer et doit être considéré comme un des initiateurs de ce mode de transport en France. De concert avec Didion, son camarade de promotion, il obtient la concession du chemin de fer d'Alais à Beaucaire et le construit dans des conditions susceptibles de satisfaire aux besoins futurs qu'il pressent.

En 1835 les concessions deviennent temporaires et l'État intervient plus largement dans la fixation du tracé et dans l'exploitation des lignes.

En 1841 le nombre des kilomètres concédés est seulement de 806, sur lesquels 569 kilomètres sont exploités et 79 sont en construction par l'État.

Mais, à partir de la loi de 1842, la situation change; cette loi, en mettant la construction de l'infrastructure des lignes à la charge de l'État avec le concours des départements et des communes, fait disparaître les aléas du premier établissement et donne confiance aux capitalistes. Aussi, à partir de 1844, les concessions se multiplient et l'on construit les lignes d'Orléans à Bordeaux, de Paris à Lyon, de Tours à Nantes, de Paris à Rennes, de Paris à Strasbourg, du Centre, de Paris à la Belgique, de Lyon à Avignon, de Bordeaux à Cette, de Paris à Caen et à Cherbourg, sans parler des chemins de fer de Paris à Orléans, de Paris à Rouen, au Havre et à Dieppe, de Paris à Versailles et d'Avignon à Marseille, qui étaient concédés avant 1844.

Toutes ces lignes furent construites par le corps des ponts et chaussées.

MM. Robin, Baude, de Bréville, Busche, Borrel, Boucaumont, Bailloud, Baudemoulin, Gayaut, Collignon, Schwilqué, Ségou, etc., dirigèrent les travaux comme ingénieurs en chef. Ils furent secondés par MM. les ingénieurs ordinaires : Conche, Mille, de Sazilly, Planchat, Richomme, Guérin, Morandière, de la Roche-Tolay, Jaquemet, Hachette, Déglin, Saint-Denis, Græff, Kleitz, Watier, etc.

En outre, l'exécution des travaux incombant aux Compagnies était confiée à MM. Belin, Davanne, Didion, Jullien, Talabot et Thirion, ingénieurs en chef des ponts et chaussées, et à MM. Bazaine, Bidermann, Desnoyers, Chaperon, Delerue, Zeiller, Ducos, Maniel, Martin, Mourthon, Thoyot, Ruelle, Jacqmin, etc., ingénieurs ordinaires.

A la fin de 1847, l'ensemble des lignes concédées comprend 4704 kilomètres, sur lesquels 1 832 kilomètres sont en exploitation.

Sous le second Empire, l'impulsion la plus vive est donnée à la construction des chemins de fer. Les concessions nouvelles et les extensions de concessions se multiplient tellement que, dès 1856, l'ensemble des lignes concédées atteint une longueur de 11 600 kilomètres.

En 1855, M. de Franqueville, inspecteur général des ponts et chaussées, nommé directeur général des ponts et chaussées et des chemins de fer, prend en main les intérêts si considérables attachés à la construction des chemins de fer. Son premier soin est d'amener les Compagnies, trop nombreuses, à se fusionner. C'est à cette époque que commencent à se former les grands réseaux desservant chacun une région déterminée et contribuant à uniformiser le système de l'exploitation.

En 1857 et 1858, le crédit des Compagnies étant ébranlé à la suite d'une crise industrielle, le gouvernement, sur l'initiative de M. de Franqueville, propose aux Chambres de venir au secours des Compagnies en leur accordant une garantie d'intérêt dans le but de leur permettre de compléter leurs réseaux. Dans la combinaison adoptée, les lignes principales constituent, pour chaque Compagnie, ce que l'on appelle l'ancien réseau; les lignes secondaires forment un second réseau pour la construction duquel l'État accorde une garantie de 4 p. 100 sur le capital de premier établissement. Toutefois il est stipulé que l'ancien réseau déversera sur le nouveau la partie du bénéfice obtenu dépassant un maximum déterminé. Ces mesures eurent les conséquences les plus heureuses, la situation financière des Compagnies devint très solide et il leur fut possible d'entreprendre l'établissement de très nombreuses lignes nouvelles. Aussi le réseau qui, en 1855, ne comprenait qu'une longueur de 11 600 kilomètres, en comptait, à la fin de 1869, une longueur de 25 500 kilomètres dont 18000 kilomètres en exploitation.

Après la guerre, le premier souci du gouvernement est de rétablir la continuité du réseau aboutissant à la frontière de l'Est, dont une partie des lignes avaient cessé d'être françaises. La Compagnie des chemins de fer de l'Est, qui avait perdu 840 kilomètres de son réseau, dont 743 en exploitation, reçoit, dès 1873, la concession d'environ 330 kilomètres, dont la majeure partie a pour but de relier, sur le territoire français, les chemins de fer existants dont les jonctions primitives ne sont plus sur le territoire et de créer une grande ligne parallèle à la frontière; le reste de sa concession répond à des nécessités stratégiques.

Le programme de Freycinet, en 1878, fait une part très large aux chemins de fer dans l'ensemble des voies de communication à construire pour compléter notre outillage national.

Le plan élaboré par le conseil général des ponts et chaussées comporte l'exécution de 5 402 kilomètres de lignes nouvelles, sans préjudice du rachat de 1 373 kilomètres de chemins de fer d'intérêt local qui doivent être rattachés au réseau d'intérêt général. Les nouvelles lignes sont divisées en trois catégories suivant leur degré d'urgence; 993 kilomètres sont classés dans la première catégorie, 1 510 dans la seconde et 2 426 dans la troisième. Le reste, soit 473 kilomètres, se rapporte à des lignes d'un intérêt purement stratégique.

En Algérie, on doit incorporer au réseau d'intérêt général 52 kilomètres de lignes d'intérêt local et construire une longueur de 1 229 kilomètres de lignes nouvelles, auxquels s'ajoutent 42 kilomètres précédemment concédés.

Il est admis que, pour les lignes d'importance secondaire, on aura recours à des déclivités accentuées, à des courbes de faible rayon et à la voie d'un mètre et que même on pourra utiliser le sol des voies publiques.

Le programme élaboré au Ministère des Travaux publics est dépassé dans de larges proportions. Au lieu de 6775 kilomètres prévus commes lignes nouvelles à construire ou lignes à racheter, la loi du 17 juillet 1879 en classe 8848, et, en outre, le Parlement renvoie à l'examen du ministre les projets de 4152 kilomètres additionnels. De plus, sous la pression des influences locales, les fortes déclivités, les courbes de faible rayon et la voie d'un mètre ne sont admises que très exceptionnellement.

Le tableau ci-dessous, indiquant la situation de nos voies ferrées au 31 décembre 1898, fait ressortir toute l'importance du réseau de ces voies :

DÉSIGNATION DES LIGNES	LONGUEUR DES LIGNES		LONGUEUR TOTALE PAR CATÉGORIE	LONGUEUR TOTALE DES LIGNES		LONGUEUR TOTALE DU RÉSEAU
	En exploitation	Classées, en construction ou à construire		En exploitation	Classées, en construction ou à construire	
	Kilom.	Kilom.	Kilom.	Kilom.	Kilom.	Kilom.
LIGNES DE LA MÉTROPOLE :						
Lignes d'intérêt général.........	37423	5665	43088			
Lignes industrielles.............	227	43	270			
Lignes d'intérêt local..........	4280	1414	5694			
Tramways.....................	3276	2096	5372			
Longueur totale.........				45206	9218	54424
Lignes de l'Algérie et de la Tunisie :						
Lignes d'intérêt général.........	3526	586	4112			
Lignes industrielles.............	28	317	345			
Lignes d'intérêt local..........	»	44	44			
Tramways.....................	128	96	224			
Longueur totale.........				3682	1043	4725
Longueur totale de l'ensemble du réseau..				48888	10261	59149

Les développements successifs du réseau des voies ferrées de la métropole, à partir de 1828 jusqu'en 1898, sont mis en lumière dans le tableau suivant :

INDICATION DES ANNÉES	LONGUEUR DES LIGNES EN EXPLOITATION		
	LIGNES D'INTÉRÊT GÉNÉRAL	Lignes d'intérêt local et tramways pour voyageurs et marchandises	LONGUEUR TOTALE
	Kilomètres.	Kilomètres.	Kilomètres.
Année 1828.................	23	»	23
Année 1838.................	183	»	183
Année 1848.................	2200	»	2200
Année 1858.................	8681	»	8681
Année 1868.................	16225	90	16315
Année 1878.................	22139	2068	24207
Année 1888.................	32652	2754	35406
Année 1898.................	38000	7000	45000

Le tracé des chemins de fer exigeant, au moins pour les lignes principales, l'emploi de faibles déclivités et de courbes de grands rayons, la construction de ces voies de communication a donné lieu à l'établissement d'ouvrages d'art d'une importance exceptionnelle : viaducs d'une grande hauteur et souvent fort longs à la rencontre de vallées secondaires ou de plis de terrain qu'il n'était pas possible de contourner, grands ponts à la traversée des fleuves et des rivières, tunnels, dont quelques-uns fort longs, établis, soit pour traverser des contreforts, soit pour franchir les faîtes séparant les vallées principales. De plus, les nécessités des tracés ont conduit souvent à établir des tranchées très profondes et des remblais très élevés dont la stabilité des talus était souvent difficile à réaliser.

Le réseau des lignes d'intérêt général a été établi par les ingénieurs des ponts et chaussées en ce qui concerne les lignes construites par l'État. Les lignes établies par les Compagnies concessionnaires ont également été construites presque exclusivement par ces ingénieurs, mis en congé à cet effet, et cela au grand bénéfice de l'État, qui, devant recevoir les chemins de fer en fin de concession, avait le plus grand intérêt à ce qu'ils fussent construits le plus solidement possible et qui pouvait absolument compter que ses ingénieurs apporteraient, dans cette construction, les excellentes traditions du corps auquel ils appartiennent.

L'établissement des grands réseaux français fait le plus grand honneur aux ingénieurs des ponts et chaussées et aux conducteurs et agents placés sous leurs ordres.

OBJETS EXPOSÉS :

Les exposants, en ce qui concerne les chemins de fer, sont au nombre de neuf, savoir :

École des ponts et chaussées.

(M. l'inspecteur général Ricour, directeur; M. l'inspecteur général de Dartein, inspecteur.)

Compagnie du chemin de fer du Nord.

(M. le baron Alphonse de Rothschild, président du Conseil d'administration.)

Compagnie des chemins de fer de l'Ouest.

(M. Delarbre, président du Conseil d'administration.)

Compagnie du chemin de fer de l'Est.

(M. Van Blarenberghe, président du Conseil d'administration.)

Compagnie des chemins de fer de Paris à Lyon et à la Méditerranée.

(M. Dervillé, président du Conseil d'administration.)

Service du département de la Haute-Vienne; chemin de fer de Limoges à Brive.

(M. Jullien, ingénieur en chef.)

Compagnie du chemin de fer d'intérêt local d'Enghien à Montmorency,

(M. Vergé, président du Conseil d'administration.)

M. Molinos, ingénieur des Arts et Manufactures, ancien président de la Société des ingénieurs civils de France.

M. Delocre, inspecteur général des Ponts et Chaussées en retraite.

I. — École des Ponts et Chaussées.

1° *Viaduc de Fribourg, sur la vallée de la Sarine.*

(Modèle à l'échelle de $0^{m},04$ par mètre, 1/25.)

Ce viaduc est établi sur le chemin de fer de Lausanne à Fribourg et à la frontière bernoise; il comprend sept travées métalliques reposant sur deux culées et six piles composées d'une partie supérieure en métal surmontant un soubassement en maçonnerie.

Les dimensions de l'ouvrage sont les suivantes :

Longueur entre le nu des culées				$328^{m},84$;
Longueur totale des poutres.				$333^{m},72$;
Longueur entre les garde-corps.				$7^{m},77$;
Hauteur des poutres.				$4^{m},00$;
Piles	Partie métallique	Hauteur au-dessus du socle. . . .		$44^{m},00$;
		Dimensions	au sommet. $6^{m},27$ sur	$4^{m},18$;
			à la base. . $10^{m},00$ sur	$6^{m},20$;
	Partie en maçonnerie	Hauteur maxima.		$36^{m},00$;
		Dimensions	au sommet. $11^{m},60$ sur	$7^{m},80$;
			au socle. . $13^{m},20$ sur	$8^{m},60$;
			au socle, saillie comprise. . $14^{m},20$ sur	$9^{m},60$.

Le tablier métallique comprend quatre poutres dont chacune est composée d'un longeron supérieur et d'un longeron inférieur reliés par des montants verticaux et un treillis.

Les poutres sont contreventées :

1° Par les pièces de pont ou poutrelles en fer qui supportent le plancher et les rails et sont espacées de $1^{m},40$;

2° Par deux entretoises horizontales, placées au droit de chaque montant, l'une à mi-hauteur des poutres, en fer à côtes, l'autre à la partie inférieure en fer à T;

3° Par des croix de Saint-André, en fer à côtes et à T, placées dans cinq des six rectangles formés par les poutres entretoisées, le rectangle central inférieur étant réservé pour servir de passerelle entre les deux rives de la vallée.

La partie des piles en maçonnerie est en forme de pyramide tronquée; des avant-becs et arrière-becs sont ajoutés aux piles qui sont en rivière.

La partie métallique de chaque pile se compose de douze colonnes en fonte reliées à leur base par un châssis de fonte de $0^{m},60$ d'épaisseur, appliqué sur la partie supérieure de la maçonnerie, et à leur sommet par un entablement de $0^{m},60$, emboîtant leurs extrémités et placé sous les poutres.

Ces colonnes, de 44 mètres de hauteur, sont creuses; elles ont $0^{m},18$ et $0^{m},24$ de diamètre et sont armées de quatre nervures en saillie de $0^{m},08$. Les trois colonnes, correspondant à une même poutre, sont distantes de $3^{m},10$ à leur base et de $2^{m},09$ au sommet; ces distances sont de $3^{m},333$ et $2^{m},09$ pour les colonnes placées normalement aux poutres.

Les longerons des poutres sont constitués par une âme de $0^{m},36$ de hauteur, reliée par des cornières à une table horizontale de $0^{m},50$ de largeur et de $0^{m},038$ d'épaisseur, formée de quatre feuilles de tôle ; les montants sont espacés de manière à former

neuf rectangles dans chaque travée, dont quatre de $4^m,20$ auprès des piles et cinq de $5^m,60$ dans la partie centrale. Le treillis se compose, moitié de fers plats résistant à la traction, et moitié de fers à côtes résistant à la compression; ces fers ont $0^m,175$ de largeur et sont espacés de 1 mètre environ. A l'aplomb des piles les montants sont distants de $2^m,09$ et très notablement renforcés.

Le tablier repose sur les piles sans rouleaux de friction qui n'existent que sur les culées.

Le viaduc de Fribourg a été construit, de 1858 à 1860, par les usines du Creusot, suivant un programme fourni par la Compagnie du chemin de fer de Lausanne à Fribourg, dont MM. Thirion, ingénieur en chef, Jacqmin et Durbach, ingénieurs ordinaires des ponts et chaussées, ont été successivement les ingénieurs, directeurs ou conseils.

2° *Fondations par l'air comprimé du pont de Kehl sur le Rhin.*

(Modèle à l'échelle de $0^m,04$ par mètre, 1/25.)

Le pont de Kehl a été construit sur le Rhin pour le raccordement des chemins de fer français et des chemins de fer badois; il a fait l'objet de conventions internationales en vertu desquelles les ingénieurs français ont été chargés de la rédaction de tous les projets et de l'exécution de tous les travaux relatifs à l'établissement des piles et des culées de l'ouvrage, les ingénieurs badois restant chargés de tout ce qui regarde la superstructure en fer.

Les piles ont été fondées au moyen de l'air comprimé en appliquant les idées de M. Triger, mais sur une échelle très vaste et avec des modifications et perfectionnements notables.

Le fond du fleuve, à l'emplacement du pont, est composé de gravier presque sur une profondeur illimitée et affouillable jusqu'à une profondeur de 17 mètres au-dessous de l'étiage.

On a employé des caissons juxtaposés en tôle, au nombre de quatre pour les piles-culées et de trois pour les piles intermédiaires, ouverts à la partie inférieure et portant, à la partie supérieure, une grande cheminée de service et deux cheminées à air. On a, par ces dernières, comprimé l'air dans les caissons au point de refouler l'eau jusqu'à l'affleurement de leurs bords inférieurs. Des ouvriers, introduits par le sas à air, rendaient meubles les matières à draguer, qui étaient enlevées par la cheminée de service. En même temps on exécutait le massif de maçonnerie sur la plate-forme des caissons, au fur et à mesure de leur descente. Ceux-ci arrivés à la profondeur voulue, c'est-à-dire à 20 mètres au-dessous de l'étiage, on remplissait de maçonnerie leur capacité intérieure ainsi que les vides des trois cheminées.

Chacun des quatre caissons d'une pile a $5^m,80$ de longueur, sur 7 mètres de largeur et $3^m,67$ de hauteur; ils forment ensemble une surface de $23^m,50$ sur 7 mètres. Ils sont construits en feuilles de tôle de $0^m,008$ d'épaisseur et de $0^m,90$ de largeur maxima, renforcées par de nombreux contreforts verticaux, par des ceintures horizontales fermées par des cornières et une plate-bande supérieure de $0^m,30$ sur $0^m,01$ et par des cornières doubles aux angles.

La calotte est, en outre, soutenue par une double rangée de poutres, espacées de $1^m,50$ au plus, dont l'âme a $0^m,50$ de hauteur et $0^m,010$ d'épaisseur.

Les caissons, du poids de 35 tonnes l'un environ, montés sur un plancher provisoire au-dessus de leur position définitive, ont été descendus progressivement à l'aide

de quatre verrins de suspension disposés à chacun de leurs angles et pouvant supporter ensemble un poids de 60 tonnes.

Le fonçage de la première pile-culée a été arrêté à une profondeur de 20 mètres au-dessous de l'étiage et de 22 mètres au-dessous du niveau du fleuve, après 68 jours, dont 54 de travail effectif.

La seconde pile-culée a été enfoncée, à la même profondeur, après 36 jours dont 31 de travail effectif.

Les piles intermédiaires ont été enfoncées en 31 et 28 jours dont 25 et 24 de travail effectif.

Ces travaux ont été exécutés, de 1858 à 1861, sous la direction de M. Viguier, ingénieur en chef de la Compagnie de l'Est, par MM. Fleur-Saint-Denis et de Sappel, ingénieurs ordinaires des ponts et chaussées.

3° *Viaduc de Port-Launay, sur l'Aulne.*

(Modèle à l'échelle de $0^m,04$ par mètre, 1/25.)

Ce viaduc, établi sur le chemin de fer de Châteaulin à Brest, comprend 12 arches de 22 mètres d'ouverture et présente les dimensions suivantes :

Longueur totale.	357 mètres.
Largeur entre les têtes.	$8^m,50$.
Hauteur au-dessus du fond de la vallée.	$48^m,40$.
Hauteur au-dessus des mers moyennes.	$52^m,50$.
Hauteur au-dessus du rocher de fondation. . .	$54^m,70$.
Épaisseur des piles aux naissances.	$4^m,80$.
Épaisseur des piles au-dessus des socles. . . .	$6^m,13$.
Épaisseur des voûtes à la clef.	$1^m,05$.

Chaque pile est composée, au-dessus des massifs de fondation, d'un socle de 10 mètres de hauteur et d'un fût de $23^m,30$ de hauteur.

Les parements ont un fruit de $0^m,02$ dans le sens de la longueur du viaduc et de $0^m,03$ dans le sens de sa largeur.

Les massifs de fondation, quadrangulaires pour les piles de la vallée, sont arrondis en forme d'avant et d'arrière-becs pour les piles en rivière.

Au-dessus des massifs de fondation des contreforts sont adossés aux piles et s'élèvent jusqu'au couronnement de l'ouvrage; ils ont des largeurs qui sont partout égales à la moitié de l'épaisseur des piles; leur fruit, dans le sens normal aux têtes, est de $0^m,07$; ils présentent, d'ailleurs, deux retraites, l'une de $0^m,20$ à la base du fût, l'autre de $0^m,50$ à son sommet, où ils sont couverts par un chaperon de $0^m,80$ de hauteur et de $0^m,20$ de saillie.

Les culées ont environ 20 mètres de longueur sur 20 mètres de hauteur, elles présentent des évidements de $11^m,30$ sur $5^m,20$, recouverts par des voûtes.

La dépense d'établissement est de 2 165 000 francs, dont 336 000 francs pour les fondations; le prix par mètre superficiel d'élévation est de 151 francs, fondations comprises.

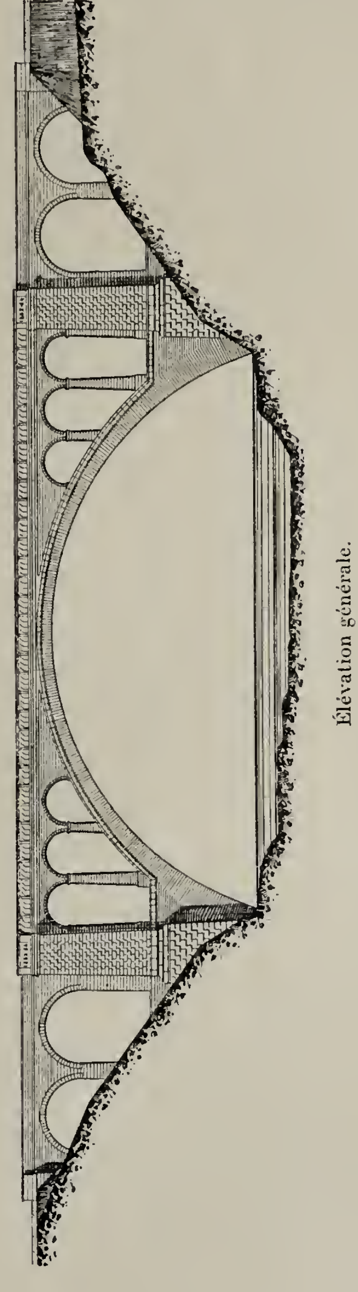
Les travaux, commencés en mars 1864, ont été terminés à la fin de 1866.

Ils ont été exécutés, sous la direction de M. Morandière, ingénieur en chef des ponts et chaussées, directeur des travaux neufs de la Compagnie d'Orléans, par MM. Croizette-Desnoyers, ingénieur en chef, et Arnoux (Auguste), ingénieur ordinaire des ponts et chaussées.

V. — CHEMINS DE FER

Ligne de Saint-Sulpice à Castres.

Pont de Lavaur sur l'Agout.



Élévation générale.

P. 138.

4° *Pont de Lavaur, sur l'Agout.*

(Modèle à l'échelle de $0^{m},04$ par mètre, 1/25.)

Le pont de Lavaur, sur lequel le chemin de fer de Saint-Sulpice à Castres traverse l'Agout, est constitué par une arche unique en arc de cercle, à culées perdues, de $61^{m},50$ de portée et de $27^{m},50$ de flèche.

Sur les reins de la grande voûte court un viaduc à petites arches en plein cintre de $4^{m},50$ d'ouverture, butant contre deux robustes pilastres réunis aux deux culées extrêmes par deux viaducs de deux arches de 8 mètres d'ouverture.

Les bandeaux sont relevés par une archivolte qui se retourne horizontalement au niveau du joint de rupture.

Les principales dimensions de l'ouvrage sont les suivantes :

Longueur totale				$123^{m},50$;
Pente				$0^{m},005$;
Grande voûte.	Portée			$61^{m},50$;
	Flèche (jusqu'au sol des fondations)			$27^{m},50$;
	Rayon d'intrados au-dessus du terrain naturel			$31^{m},20$;
	Epaisseur		à la clef	$1^{m},65$;
			au joint à 30° sur l'horizon	$2^{m},81$;
			de la culée sur le sol de fondation	$8^{m},39$;
	Largeur		entre les parements intérieurs des parapets	$4^{m},50$;
		en douelle,	à la clef	$4^{m},80$;
			au joint à 30°	$6^{m},018$;
			moyenne sur le sol de fondation	$7^{m},00$;
	Fruit des plans		du parapet, des tympans, des bandeaux (archivolte exceptée)	1/25;
			de l'archivolte	1/22.

La voûte a été construite en trois rouleaux.

L'épaisseur du premier rouleau est de $1^{m},04$ à $0^{m},89$ aux reins; de $0^{m},75$ à $0^{m},60$ à la clef. Ce rouleau était articulé au droit de chaque point fixe du cintre, c'est-à-dire divisé en autant de tronçons que de vaux, par des coffrages, des taquets ou des joints secs, soit en 14 grands voussoirs monolithes, dont les articulations n'ont été clavées qu'à la fin de la construction du rouleau. Les joints des clavages ont été mattés au refus avec du mortier pulvérulent.

Le second rouleau a été exécuté en six tronçons et le troisième en quatre.

La voûte a été construite en 82 jours de travail effectif.

Les tassements au décintrement ont été les suivants :

Sur cintre : $16^{mm},75$ à la tête aval, $20^{mm},7$ à la tête amont ;

Au décintrement fait 135 jours après le clavage du troisième rouleau, $0^{mm},62$.

Les fouilles des fondations ont été commencées en avril 1882; le décintrement a eu lieu le 7 mai 1884 et le pont a été terminé en septembre 1884.

La dépense totale de construction, fondations comprises, s'élève à la somme de 485 000 francs, ce qui correspond à une dépense de $3927^{fr},12$ par mètre linéaire et à une dépense de $158^{fr},54$ par mètre superficiel en élévation.

Les travaux ont été exécutés par M. Séjourné, ingénieur ordinaire des ponts et chaussées, sous les directions successives de MM. Robaglia et Bauby, ingénieurs en chef.

II. — Compagnie du chemin de fer du Nord.

Viaduc de la Liane à Boulogne-sur-Mer.

(Vue d'ensemble. — Tableau à l'huile.)

Le viaduc de la Liane, situé sur la ligne d'Amiens à Calais, traverse en biais le bassin de la Liane, à Boulogne-sur-Mer.

Il se compose de sept travées métalliques, dont quatre de 44^{m},80 d'ouverture et les trois autres d'ouvertures variant de 37^{m},57 à 41^{m},20.

La longueur totale du tablier, entre les parements des culées, est de 347 mètres.

La longueur des piles, mesurée sous le couronnement, varie suivant le biais, de 14^{m},42 à 16^{m},28; leur épaisseur, au même point, est de 2^{m},592.

Les fondations ont été exécutées au moyen de l'air comprimé et descendues à une profondeur uniforme de 7^{m},92 au-dessous du niveau des hautes mers et en moyenne à 5^{m},36 au-dessous du niveau des sables.

La hauteur d'une pile, vers le milieu de l'ouvrage, est de 9^{m},78 au-dessus du plan des fondations.

Le tablier métallique est formé de travées indépendantes.

Il comprend deux poutres de rive laissant entre elles un espace libre de 8 mètres et réunies à leur partie inférieure par des entretoises.

Les poutres sont constituées au moyen de membrures inférieures et supérieures, à âme double, reliées par des montants verticaux correspondant aux entretoises et par des croix de Saint-André.

La hauteur des poutres entre plates-bandes est de 4^{m},80, leur écartement entre les axes est de 8^{m},80.

Les entretoises, en tôle et cornières, ont 0^{m},95 de hauteur, leur écartement d'axe en axe est de 3^{m},60; elles sont réunies par quatre files de longerons de 0^{m},35 de hauteur placés à l'aplomb des rails qu'ils supportent par l'intermédiaire de traverses en bois.

Le tablier est contreventé horizontalement par un système de pièces fixées à sa partie inférieure.

Le poids total des fer, fonte et acier, entrant dans la composition du tablier, est de 2100000 kilogrammes, soit 6100 kilogrammes par mètre linéaire.

La dépense totale d'établissement est de 1120000 francs, ce qui fait ressortir le prix du mètre linéaire à 3230 francs.

Le projet a été rédigé et les travaux ont été exécutés sous la direction de M. Boucher, ingénieur en chef des ponts et chaussées, ingénieur en chef des travaux de la Compagnie du Nord.

Le projet a été étudié par M. Contamin, ingénieur en chef du matériel des voies et exécuté par M. Lefebvre, ingénieur en chef des ponts et chaussées, ingénieur de la voie.



Phototypie Berthaud, Paris

VIADUC MÉTALLIQUE SUR LA LIANE

à Boulogne-sur-Mer.

III. — Compagnie des chemins de fer de l'Ouest.

1° *Etats successifs de la gare Saint-Lazare, de* 1837 *à* 1900.

(Six plans de la gare à diverses époques avec les élévations du bâtiment principal à ces époques.)

Etat de la gare en 1837.

En 1837, la gare Saint-Lazare ne présente qu'une longueur moyenne de 105 mètres sur 45 mètres de largeur, avec une surface de 5250 mètres carrés.

Le nombre des voies principales est de quatre, elles ont une longueur totale de 2010 mètres.

La gare a sa tête sur la rue de Stockholm, immédiatement après se trouve un tunnel, sous la place de l'Europe, présentant 4 voies.

Etat de la gare en 1842.

En 1842, la gare est allongée en tête et son entrée est reportée à la rue Saint-Lazare.

Elle présente une longueur moyenne de 240 mètres et une largeur moyenne de 95 mètres ; sa superficie est portée de 5250 mètres carrés à 23000 mètres carrés.

Le nombre des voies principales est toujours de quatre, dont deux sont affectées aux lignes de Versailles et de Saint-Germain et deux aux lignes de Normandie. La longueur totale de ces voies est de 2500 mètres. Le nombre des voies de garage est de neuf avec une longueur de 2100 mètres.

La place de l'Europe est toujours traversée au moyen d'un tunnel.

Etat de la gare en 1846.

En 1846, la longueur moyenne de la gare est portée de 240 mètres à 250 mètres et sa largeur moyenne de 95 à 120 mètres. Sa superficie passe de 23000 à 34700 mètres carrés.

Le nombre des voies principales est porté à six, elles sont divisées en trois groupes séparés par des trottoirs et affectés respectivement à la ligne de Versailles, à la ligne de Saint-Germain et aux lignes de Normandie. La longueur de ces voies est portée de 2500 à 3015 mètres.

Le nombre des voies de garage passe de neuf à seize, leur longueur est portée de 2100 à 2700 mètres.

La place de l'Europe est toujours traversée au moyen d'un tunnel.

Etat de la gare en 1854.

En 1854, la gare est considérablement élargie, sa largeur moyenne est portée de 120 à 190 mètres, sa longueur moyenne passe de 250 à 260 mètres, et sa superficie, de 34700 à 66950 mètres carrés.

Le nombre des voies principales est doublé et porté à douze, et leur longueur passe de 3015 à 5230 mètres. Elles sont partagées en six groupes séparés par des trottoirs, sur lesquels deux sont affectés aux lignes de Normandie, un à la ligne de Saint-Germain-Argenteuil, deux à la ligne de Versailles et un à la ligne d'Auteuil.

Le nombre des voies de garage est porté de seize à vingt et un et leur longueur de 2700 à 4100 mètres.

Un second tunnel à deux voies est percé sous la place de l'Europe; il est spécialement affecté aux deux groupes des voies de Versailles et au groupe des voies d'Auteuil.

Etat de la gare en 1862.

En 1862, la longueur et la largeur moyenne de la gare ne sont pas modifiées; sa superficie est légèrement augmentée et passe de 66 950 à 69 400 mètres carrés.

Le nombre des voies principales est toujours de douze, leur longueur est légèrement augmentée et passe de 5 230 à 5 350 mètres.

Le nombre des voies de garage est de vingt et un, en augmentation d'une voie; leur longueur est portée de 4 100 à 4 900 mètres.

La place de l'Europe est toujours franchie au moyen de deux tunnels, dont l'un, le plus ancien, affecté spécialement aux groupes des voies de Normandie et de Saint-Germain et l'autre aux groupes des voies de Versailles et d'Auteuil.

Etat de la gare en 1867.

La gare a reçu des modifications importantes de 1862 à 1867.

La place de l'Europe est déblayée et les deux tunnels au moyen desquels elle était franchie sont remplacés par un grand pont métallique, dont la partie centrale constitue la plate-forme de la nouvelle place et qui présente, de part et d'autre de cette partie, six branches donnant passage aux rues de Vienne, de Madrid, de Constantinople, de Saint-Pétersbourg, de Berlin et de Londres.

La construction de cet ouvrage a permis d'allonger considérablement la gare, dont la longueur moyenne est portée de 260 à 700 mètres. La gare est notablement élargie du côté de la rue de Rome et sa largeur moyenne est portée de 190 à 230 mètres. Sa superficie passe de 69 400 à 105 000 mètres carrés.

L'ancienne salle des billets, située en avant des salles d'attente, qui avait 82 mètres de longueur; est transformée en une vaste salle des pas-perdus de 135 mètres de longueur.

Une nouvelle entrée de la gare est établie sur la rue de Rome, elle est affectée aux lignes de banlieue, l'ancienne entrée de la place du Havre étant réservée aux grandes lignes.

Le nombre des voies principales est porté de douze à seize, et leur longueur totale passe de 5 350 à 7 020 mètres. Ces voies sont divisées en huit groupes, dont deux sont affectés aux lignes de Normandie, un à la ligne de Saint-Germain-Argenteuil, deux aux lignes de Versailles, un à la ligne d'Auteuil et deux à la ligne de Ceinture.

Le nombre des voies de garage est porté de vingt-deux à trente-deux et leur longueur totale passe de 4 900 à 6 720 mètres.

Etat de la gare en 1889.

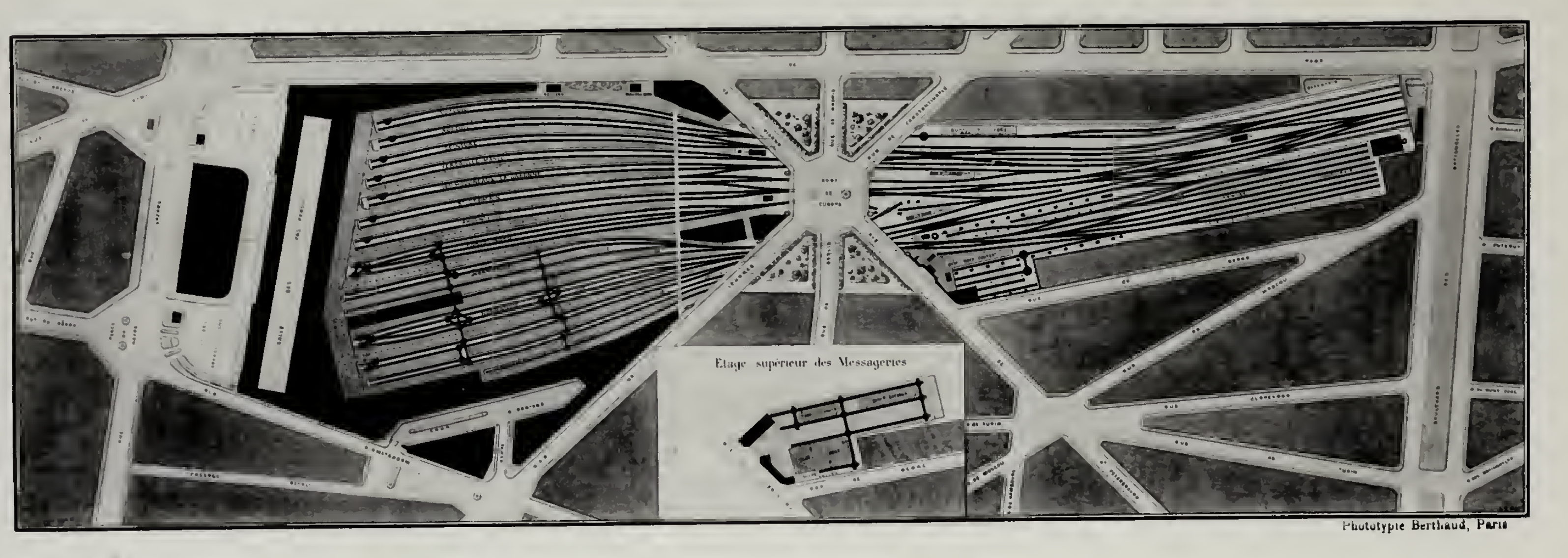
La gare a reçu des améliorations très importantes de 1867 à 1889.

La tête de la gare a été complètement dégagée par la démolition des constructions qui existaient entre l'entrée de la place du Havre et l'entrée de la rue de Rome. Un bâtiment en façade, d'un aspect monumental, présentant une longueur totale de $212^{m},46$, a été construit entre la rue d'Amsterdam et la rue de Rome; la longueur de la salle des pas-perdus a été portée de 135 mètres à $190^{m},50$.

En avant de la façade, à droite et à gauche, se trouvent deux cours, l'une affectée aux lignes de banlieue, cour de Rome, de $60^{m},96$ de longueur sur 50 mètres de lar-

Phototypie Berthaud, Paris

Etats successifs de la gare Saint-Lazare (1837 et 1862).



Etat de la gare Saint-Lazare en 1889.

geur; l'autre affectée aux grandes lignes, cour d'Amsterdam, de 59^{m},50 de longueur sur 50 mètres de largeur.

Dans l'espace compris entre les deux cours il a été construit un grand hôtel, l'Hôtel Terminus, présentant sur la rue Saint-Lazare une façade de 92^{m},04 de longueur et ayant des largeurs variant de 34^{m},20 à 36^{m},71. Un passage de 17 mètres de largeur est ménagé entre la face postérieure de l'hôtel et la façade de la gare, et réunit les cours du Havre et de Rome; une passerelle établie au-dessus de ce passage relie l'hôtel Terminus à la gare.

Le nombre des voies principales est porté de seize à vingt-cinq et leur longueur passe de 7020 mètres à 10250 mètres.

Elles sont partagées en groupes de deux ou quatre, présentant une ou deux voies de dégagement pour les machines, avec un système très ingénieux placé en tête des groupes et mû par l'eau comprimée, qui permet d'effectuer ce dégagement de la manière la plus prompte et la plus facile. Les groupes de voies sont séparés par des trottoirs aboutissant tous à un large trottoir de tête.

Deux groupes de quatre voies, avec voies supplémentaires isolées, sont affectés aux lignes de Normandie.

Un groupe de quatre voies dessert les trains faisant la navette entre la gare Saint-Lazare et la gare du Nord.

Un groupe de deux voies dessert la ligne d'Argenteuil.

Un groupe de deux voies dessert la ligne de Saint-Germain.

Un groupe de deux voies est affecté à la ligne des Moulineaux-La Garenne.

Un groupe de deux voies est affecté à la ligne de Versailles-Marly.

Un groupe de deux voies dessert la ligne de Ceinture.

Et deux groupes de deux voies sont affectés à la ligne d'Auteuil.

Le nombre des voies de garage est porté de trente-deux à trente-trois, leur longueur totale passe de 6720 à 7890 mètres.

Ensemble du développement pris par la gare Saint-Lazare de 1837 à 1889.

Les plans exposés par la Compagnie de l'Ouest font ressortir, de la manière la plus nette et la plus heureuse, les immenses développements pris successivement par la gare Saint-Lazare, dans la période s'étendant de 1837 à 1889.

Le tableau suivant permet de saisir d'un seul coup d'œil l'importance de ces développements :

DÉSIGNATION DES ANNÉES	DIMENSIONS DE LA GARE			NOMBRE DE VOIES		LONGUEUR TOTALE DES VOIES	
	Longueur moyenne	Largeur moyenne	Surface	Principales	De garage	Principales	De garage
	Mètres.	Mètres.	M. c.			Mètres.	Mètres.
Année 1837......	105	45	5250	4	1	2010	280
Année 1842......	240	95	23000	4	9	2500	2100
Année 1846......	250	120	34700	6	16	3015	2700
Année 1854......	260	190	66950	12	21	5230	4100
Année 1862......	260	190	69400	12	22	5350	4900
Année 1867......	700	230	105000	16	32	7020	6720
Année 1889......	700	230	112800	25	33	10250	7890

2° *Carte des extensions successives du réseau de l'Ouest.*

La carte exposée, très clairement dressée, donne la situation des lignes du réseau de l'Ouest, de 1837 à 1900, par périodes de dix années.

Pour chaque période, les lignes ouvertes pendant sa durée sont indiquées en rouge et les lignes existantes à son origine sont tracées en noir.

En 1837, une seule ligne était ouverte, celle de Paris à Saint-Germain, de 18 kilomètres de longueur.

En 1900, le réseau de l'Ouest comprend une longueur de voies d'environ 5000 kilomètres.

Le tableau suivant fait ressortir l'importance des extensions successives du réseau pour chacune des périodes décennales s'étendant de 1837 à 1900 :

INDICATION DES PÉRIODES	LONGUEUR DES LIGNES	
	Ouvertes à l'exploitation pendant chaque période	En exploitation à la fin de chaque période
	Kilomètres.	Kilomètres.
Période s'étendant de 1837 à 1846 inclus.......	180	180
— 1847 à 1856 —	694	874
— 1857 à 1866 —	1 148	2022
— 1867 à 1876 —	1 002	3 024
— 1877 à 1886 —	1 617	4 641
— 1887 à 1896 —	889	5 530
— 1897 à 1900 —	118	5 648

3° *Ancienne machinerie du chemin de fer atmosphérique de Saint-Germain et pont du Pecq, sur la Seine.*

(Dessins.)

Les dessins exposés sont au nombre de quatre, dont trois sont relatifs aux machines fixes de Saint-Germain et donnent la représentation des bâtiments renfermant les machines et des détails sur ces machines elles-mêmes ; le quatrième dessin représente le pont du Pecq sur la Seine.

Les machines fixes de Saint-Germain ont été installées en vue de la remorque des trains sur la rampe du Pecq à Saint-Germain présentant une déclivité de $0^{m},035$ par mètre.

Les machines fonctionnaient de la manière suivante : elles faisaient le vide dans un tuyau régnant sur toute la longueur de la rampe et placé au milieu de la voie, et un piston, relié à l'un des véhicules du train à actionner pour la montée, se mouvait dans cette conduite.

La descente s'effectuait par la gravité en modérant la vitesse au moyen de freins.

La machinerie de Saint-Germain comprenait deux machines identiques de 200 chevaux. La particularité intéressante de ces machines consistait dans la distribution au moyen de soupapes, qui constituait une innovation à l'époque où ces machines furent établies.

Fig. 1

Fig. 2

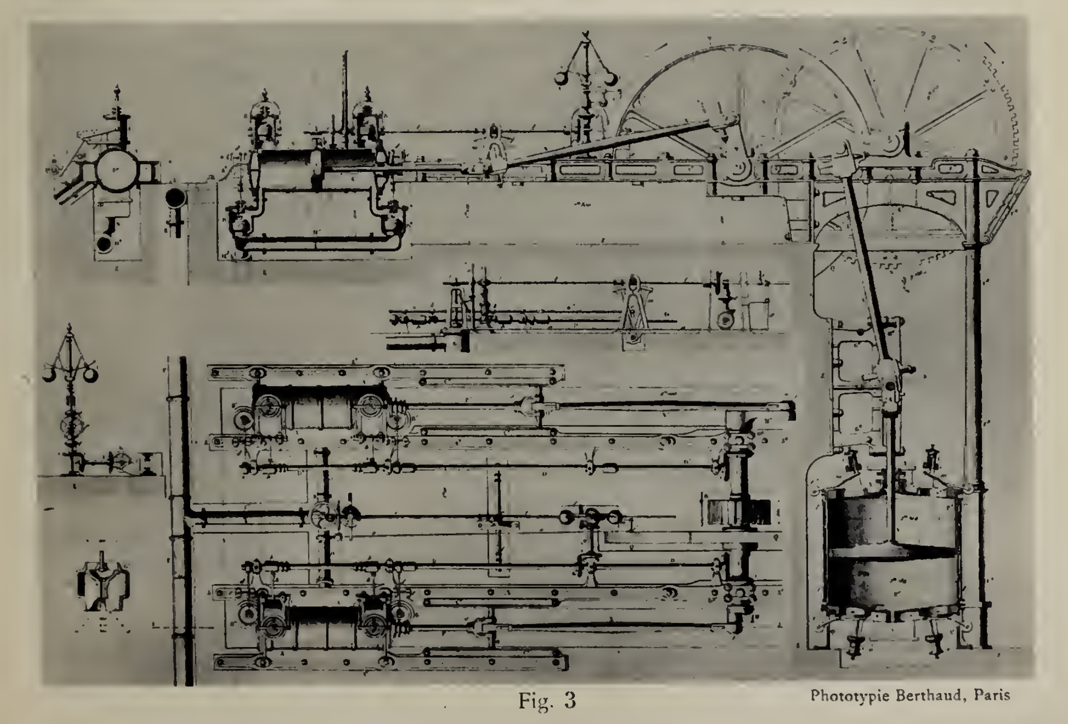


Fig. 3

Phototypie Berthaud, Paris

Fig. 1. Wagon directeur. — Fig. 2 Tube longitudinal placé au milieu de sa voie ; piston-moteur, truck du wagon directeur. — Fig 3. Machines motrices horizontales.

Ancienne machinerie du Chemin de Fer atmosphérique de Saint-Germain.



Phototypie Berthaud, Paris

Viaduc de la Vingeanne.

(Ligne d'Is-sur-Tille à Gray).



Phototypie Berthaud, Paris

Viaduc de Nogent-sur-Marne.

(Ligne de Paris à Mulhouse).

Les deux machines étaient alimentées par douze corps de chaudières, dont les dessins exposés donnent une élévation, un plan, des coupes et des détails.

Chaque générateur était constitué par deux corps cylindriques disposés parallèlement, dont l'un contenait le foyer et l'autre le faisceau tubulaire.

Le tuyau, dans lequel se mouvait le piston-moteur, présentait, dans toute son étendue, une fente longitudinale permettant le passage de la pièce de liaison entre le piston et le véhicule directeur; cette fente était garnie d'une soupape longitudinale en cuir armé.

Les dessins exposés donnent un plan et une élévation d'une partie de la voie d'arrivée à Saint-Germain, montrant la disposition du tube entre les rails; ils donnent, en outre, le détail de la soupape longitudinale, le détail de la soupape d'entrée de la conduite placée au bas de la rampe; les coupes longitudinale et transversale du wagon directeur.

Le piston conique représenté sur les dessins n'a fonctionné que très peu de temps; il avait le grave inconvénient d'exiger le retournement du piston à chaque voyage, ce dernier ne pouvant marcher en arrière, eu égard à la direction donnée au bord des cuirs emboutis.

On a remplacé le piston par un autre susceptible de prendre une position oblique et de descendre la rampe sans aucun démontage, le détail de ce piston est donné sur les dessins qui représentent également le wagon directeur avec le détail du truck amovible. Ce wagon portait, à l'arrière, une petite molette qui servait à assurer la fermeture de la soupape longitudinale après le passage du tracteur. L'installation atmosphérique de Saint-Germain a été abandonnée en 1860.

IV. — **Compagnie des chemins de fer de l'Est.**

1° *Viaduc de la Vigeanne.*

(Vue générale du viaduc à l'aquarelle.)

Le viaduc de la Vigeanne, situé sur la ligne d'Is-sur-Tille à Gray, est établi à la traversée de la rivière de la Vigeanne, près du village d'Oisilly (Côte-d'Or). Sa construction remonte à 1887.

Il se compose de sept arches elliptiques de 37 mètres d'ouverture et de $14^{m},50$ de montée.

L'ouvrage a une longueur totale de 295 mètres et une hauteur de $18^{m},50$, entre le fond de la vallée et le niveau des rails.

Il donne passage à une seule voie, avec une largeur de $4^{m},50$ entre garde-corps.

2° *Viaduc de Nogent-sur-Marne.*

(Photographie.)

Le viaduc de Nogent-sur-Marne, situé sur la ligne de Paris à Mulhouse, comprend un pont de quatre arches de 50 mètres d'ouverture jeté sur la Marne et un viaduc, dans lequel le pont est enclavé, composé de trente arches de 15 mètres d'ouverture, dont cinq sur la rive gauche et vingt-cinq sur la rive droite de la Marne.

La longueur totale de l'ouvrage est de 828 mètres, sa hauteur au-dessus de l'étiage de la rivière est de 29 mètres et sa largeur entre les têtes de $8^{m},90$.

Les arches du pont sur la Marne, de 50 mètres d'ouverture, sont en plein cintre, elles ont 1^{m},80 d'épaisseur à la clef. Les piles ont 6 mètres d'épaisseur et les culées 11^{m},75. Des voûtes de décharge, perpendiculaires aux grandes voûtes, diminuent le poids porté par les piles; elles forment quatre étages et sont au nombre de cinq par étage; elles sont supportées par quatre rangs de pieds-droits placés sous les rails des deux voies.

Les arches du viaduc sont en plein cintre et ont 0^{m},95 d'épaisseur à la clef; de petites voûtes de décharge sont disposées parallèlement aux voûtes principales; les piles ont 3 mètres d'épaisseur aux naissances et présentent un fruit de 0^{m},05 par mètre sur toutes leurs faces; leurs fûts ont une hauteur maxima de 13 mètres au-dessus des socles établis au niveau des plus hautes eaux. De cinq en cinq, les piles ont 4 mètres d'épaisseur et sont pourvues de contreforts de 2 mètres de largeur en saillie de 0^{m},55 sur le plan des têtes, ce qui a permis d'établir des refuges à leur sommet.

Le sol sur lequel est établi l'ouvrage se compose d'un gravier compact et résistant surmonté d'une couche d'argile et, au-dessus, d'une couche de sable.

Dans les parties insubmersibles, les fondations sont établies sur l'argile. Dans les parties submersibles, les fondations reposent sur le gravier par l'intermédiaire d'une couche de béton enfermée dans une enceinte de pieux et palplanches.

Deux des piles du pont sont établies sur une île de la Marne et une seule est fondée en rivière. Pour les fondations de cette dernière on a employé un caisson sans fond en tôle, dont la section horizontale était un rectangle de 11^{m},75 de longueur sur 10 mètres de largeur, compris entre deux demi-cercles de 5 mètres de diamètre; les parois, de 9 mètres de hauteur, avaient un fruit de 0^{m},067 par mètre. On a d'abord coulé du béton sur 3 mètres d'épaisseur, puis on a construit le massif de maçonnerie de la pile avec un revêtement en libages.

La dépense totale d'établissement de l'ouvrage est de 5 374 000 francs, ce qui correspond à environ 350 francs par mètre carré en élévation.

Les travaux ont été exécutés, en 1855 et 1856, sous la direction de M. Vuignier, ingénieur en chef de la Compagnie des chemins de fer de l'Est, par MM. Collet-Meygret et Pluyette, ingénieurs ordinaires des ponts et chaussées.

3° *Viaduc de Chaumont.*

(Trois photographies donnant, l'une une vue d'ensemble du viaduc, et les deux autres des vues partielles.)

Le viaduc de Chaumont, situé sur la ligne de Paris à Mulhouse, a 600 mètres de longueur, 50 mètres de hauteur maxima et 8^{m},10 de largeur au sommet.

Il comprend cinquante arches de 10 mètres d'ouverture, divisées par des piles-culées en dix travées de cinq arches chacune, reposant sur les piles-culées et quatre piles ordinaires.

Chaque travée comprend, outre les arches de 10 mètres, deux étages intermédiaires d'arches de centreventement destinées à rompre les vibrations et à donner un appui aux piles ordinaires. Ces arches sont au nombre de quarante-six pour l'étage intermédiaire et de vingt-cinq pour l'étage inférieur; elles n'ont que 3 mètres de largeur; elles dérivent du plein cintre supérieur en recoupant les reins de chaque côté, de 0^{m},125 pour l'étage intermédiaire et de 0^{m},25 pour l'étage inférieur, ce qui a permis d'utiliser les mêmes cintres pour toutes les voûtes.

Les piles ordinaires ont 1^{m},80 d'épaisseur de la naissance des voûtes à la pre-



Phototypie Berthaud, Paris

Viaduc de Chaumont.

(Ligne de Paris à Mulhouse).

mière plate-forme, 2^{m},05 dans la hauteur de l'étage moyen et 2^{m},30 dans l'étage inférieur. Les piles-culées ont 2 mètres de plus d'épaisseur.

Toutes les piles, d'une épaisseur uniforme dans chaque étage, présentent dans sens normal à l'axe de l'ouvrage, un fruit de 0^{m},06 par mètre dans l'étage supérieur, de 0^{m},08 dans l'étage moyen, et de 0^{m},09 dans l'étage inférieur.

Des passages, de 2^{m},50 de largeur sur 5 mètres de hauteur, sont ménagés à travers les piles au niveau des deux étages d'arcs-boutants.

La voie de fer est placée à 15 mètres au-dessus de l'étage moyen, situé à 15^{m},15 au-dessus de l'étage inférieur, lequel est à une hauteur variable au-dessus du sol.

La pression, supportée par les maçonneries, est de 5 kilogrammes par centimètre carré à la naissance des voûtes supérieures, elle croît graduellement jusqu'à 10 kilogrammes à la base des piles.

La dépense totale d'établissement s'élève à la somme de 5 774 136 francs, pour une superficie de 19 870 mètres carrés et un cube de maçonneries de 59 786 mètres cubes, ce qui fait ressortir le prix du mètre carré en élévation à 290 francs et le prix du mètre cube de maçonnerie à 96^{fr},58.

L'ouvrage a été construit en 1855 et 1856, sous la direction de M. Zeiller, ingénieur en chef, par M. Decomble, ingénieur ordinaire des ponts et chaussées.

4° *Pont de Guignicourt.*

(Deux photographies donnant, l'une une vue d'ensemble du pont, et l'autre la vue d'une arche de rive.)

Le pont de Guignicourt est établi sur la rivière de l'Aisne pour donner passage au chemin de fer de Reims à Laon.

Sa longueur est de 71^{m},80 : il comprend trois arches en plein cintre de 22 mètres d'ouverture.

Un tablier en bois, donnant passage à un chemin vicinal, est suspendu aux voûtes du pont par des tiges en fer. Les piles sont évidées pour livrer passage à ce chemin.

5° *Gare de Paris en* 1852.

(Photographie.)

La première pierre de la gare de Paris a été posée au commencement de l'année 1848.

La photographie exposée montre cette gare telle qu'elle était en 1852.

Elle se composait, à cette époque, de la façade actuelle et de deux ailes comprenant entre elles une halle couverte, de 30 mètres de largeur et de 150 mètres de longueur, abritant deux voies principales desservies par deux trottoirs et trois voies de garage.

6° *Gare de Reims.*

(Photographie.)

La photographie exposée représente la façade principale de la gare de Reims.

Cette gare a été construite en 1859 lors de l'établissement de la ligne d'Epernay à Reims.

V. — Compagnie des chemins de fer de Paris à Lyon et à la Méditerranée.

1° *Viaduc de la Selle sur la ligne de Grenoble à Gap.*

(Modèle.)

Le viaduc de la Selle, un des plus importants de la ligne de Grenoble à Gap, a été construit de mars 1873 à la fin du mois d'août 1874, en un point où la ligne présente une courbe de 350 mètres de rayon et une déclivité de $0^m,025$ par mètre. La longueur de l'ouvrage est de $204^m,45$ et sa plus grande hauteur, entre le rocher sur lequel reposent les fondations et le niveau des rails, atteint $54^m,98$.

Ce viaduc, en maçonnerie, comprend neuf arches en plein cintre de 16 mètres d'ouverture. L'épaisseur des piles, suivant l'axe du chemin de fer, est de $2^m,80$ à leur sommet et de $3^m,292$ en moyenne au niveau des naissances des voûtes.

Leur longueur est de $5^m,50$ sans le couronnement en pierre de taille. La largeur entre les tympans des voûtes est de $4^m,70$; les piles sont, par suite, en saillie de $0^m,40$ sur les tympans, ce qui a permis d'établir un refuge au-dessus de chaque pile des deux côtés de la ligne.

Les piles du milieu, les plus élevées, sont reliées, à leur partie inférieure, par des voûtes en plein cintre de $13^m,43$ d'ouverture et de 3 mètres de largeur entre les têtes, au-dessus desquelles est établie une banquette pavée, à 33 mètres en contre-bas des rails. Des passages cintrés de $0^m,80$ d'ouverture et de $2^m,55$ de hauteur sous clef sont percés dans les piles au niveau de cette banquette.

La pile du milieu, la plus haute, comporte trois retraites, de $0^m,25$ de largeur, établies : la première à 26 mètres au-dessous du couronnement, la seconde à 7 mètres plus bas et la troisième à 13 mètres en contre-bas de la précédente.

La pile présente un fruit uniforme de 1/40, dans le sens longitudinal du viaduc, d'un redan à l'autre, et des fruits successifs de $0^m,06$, $0^m,07$ et $0^m,10$ par mètre dans le sens transversal. Les mêmes dispositions sont appliquées aux autres piles; elles sont telles que la pression, supportée par les maçonneries ne dépasse nulle part $7^{Kgr},40$ par centimètre carré.

Bien que le viaduc soit en courbe, les voûtes sont cylindriques et, par suite, la section horizontale des piles a la forme d'un trapèze.

Les fondations sont établies sur une couche de béton d'épaisseur variable reposant sur un banc de calcaire très résistant.

Toutes les maçonneries sont parementées en moellons smillés, sauf les angles, les plinthes, les cordons, les archivoltes et les dés qui sont en pierre de taille tirée d'un amas de blocs de marbre brèche, de couleur grise, situé à 8 kilomètres de distance du viaduc.

Le volume total des maçonneries est de $17954^{mc},08$, dont $1118^{mc},44$ en pierre de taille.

La surface des parements en moellons smillés est de $8669^{mq},10$.

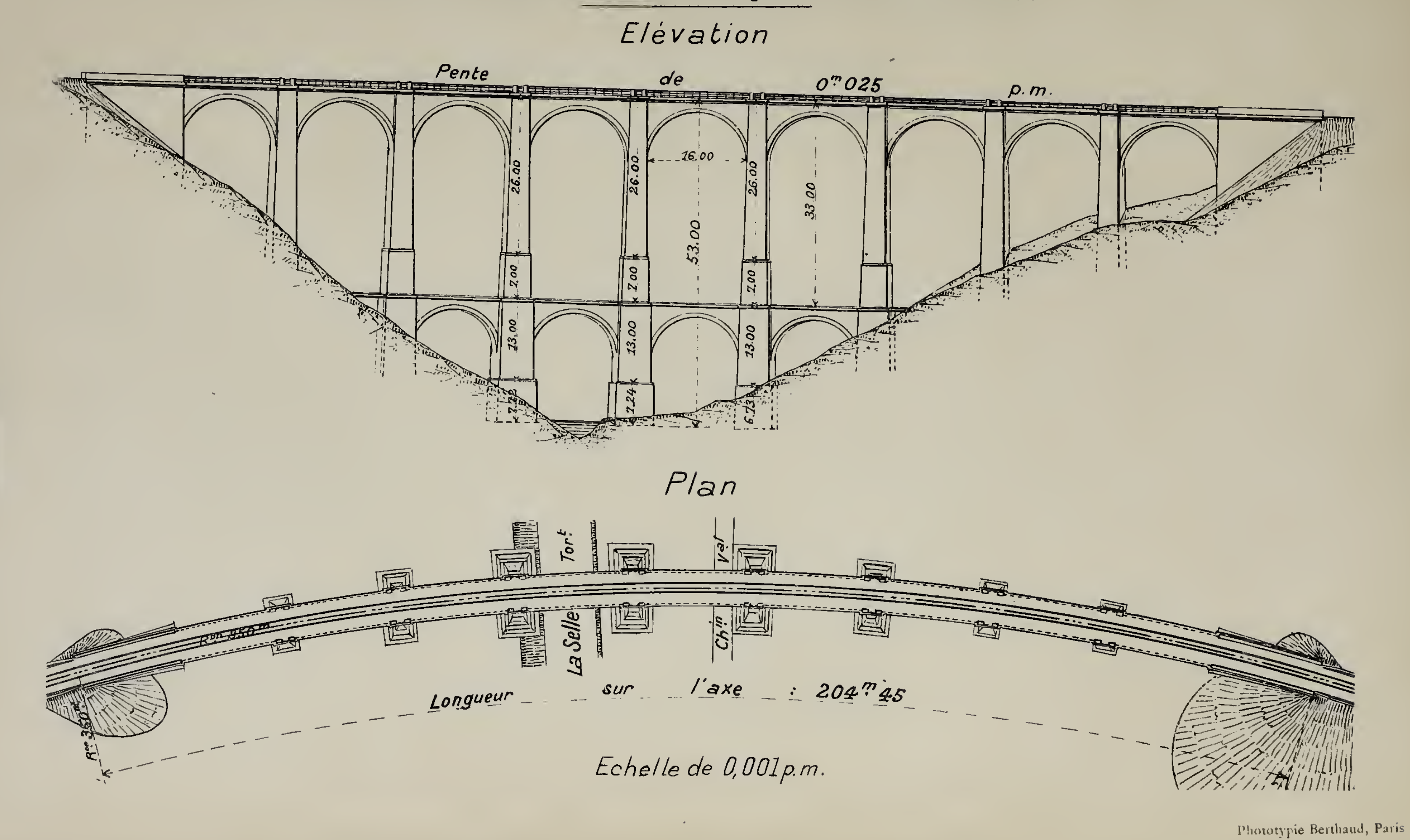
La superficie de l'ouvrage en élévation, mesurée de la base des fondations au couronnement, est de $7056^{mq},12$, dont $2720^{mq},29$ pour les pleins et $4335^{mq},83$ pour les vides. Le rapport des vides aux pleins est de 1,59.

La dépense totale d'établissement est de $684813^{fr},80$, ce qui correspond à $97^{fr},05$ par mètre carré en élévation et à $38^{fr},14$ par mètre cube de maçonnerie.

Les travaux ont été exécutés sous la direction de M. Ruelle, ingénieur en chef

COMPAGNIE DES CHEMINS DE FER DE PARIS A LYON ET A LA MÉDITERRANÉE

VIADUC SUR LA SELLE (Ligne de Grenoble à Gap)



Phototypie Berthaud, Paris

des ponts et chaussées, directeur de la construction des chemins de fer de Paris à Lyon et à la Méditerranée, par MM. Tassy, ingénieur des ponts et chaussées, ingénieur en chef, et Jaubert, ingénieur.

2° *Viaduc du Credo, sur la ligne de Collonges à Saint-Gingolph.*

(Modèle.)

Le viaduc du Credo, établi sur le Rhône, qu'il traverse sous un angle de 45 degrés, a été construit de 1876 à 1879.

Il comprend quatre travées métalliques de 45 mètres, 55 mètres, 66 mètres et 50 mètres d'ouverture, et établies en ligne droite, et, à la suite, cinq arches en plein cintre, de 15 mètres d'ouverture, établies sur une courbe de 300 mètres de rayon.

La longueur totale de l'ouvrage est de 365 mètres, dont 311 mètres en palier et 54 mètres en rampe de $0^m,018$ par mètre. La plus grande hauteur, entre le rocher qui supporte les fondations et le rail, est de $73^m,54$, elle correspond à la pile centrale de rive droite, sa hauteur au-dessus de l'étiage du Rhône est de $64^m,45$.

Le tablier métallique se compose de deux poutres principales à treillis, de 5 mètres de hauteur, espacées de 4 mètres d'axe en axe, et portant, à leur partie supérieure, des pièces de pont en fer à double T, de $0^m,50$ de hauteur, espacées de $3^m,52$ d'axe en axe.

Les pièces du pont supportent deux cours de longerons, de forme analogue, portant des longrines en bois sur lesquelles sont fixés les rails.

Les poutres principales sont constituées par des plates-bandes de $0^m,50$ de largeur, dont l'épaisseur varie de $0^m,012$ à $0^m,060$, suivant qu'elles comprennent deux, trois ou quatre feuilles de tôle, les dites plates-bandes réunies par des montants verticaux placés à des distances à peu près uniformes dans l'étendue de chaque travée ($3^m,30$, $3^m,41$, $3^m,52$ et $3^m,63$). Entre les montants verticaux sont disposées des croix de Saint-André, en tôle avec cornières, qui sont remplacées, à l'aplomb des piles et des culées, par une âme pleine raidie par des nervures verticales.

Les vides de la membrure du tablier sont remplis par un plancher en tôle striée formant un entretoisement des plus solides. Les deux poutres principales sont, en outre, contreventées, dans le sens vertical, par des croix de Saint-André placées sous chacune des pièces de pont, et, dans le sens horizontal, par des croix de Saint-André rivées aux plates-bandes.

Les plates-bandes supérieures, au niveau des rails, forment trottoirs et sont bordées de garde-corps en fer laissant entre eux un intervalle de $4^m,50$.

Le tablier métallique est fixé snr la pile centrale et repose sur les autres piles et sur les culées par l'intermédiaire de rouleaux de dilatation.

Le travail du métal ne dépasse nulle part 6 kilogrammes par millimètre carré.

Les trois piles supportant le tablier ont, à leur sommet, $5^m,74$ de longueur sur 3 mètres d'épaisseur; elles présentent un fruit de 1/50 dans le sens longitudinal du viaduc et de 1/20 dans le sens transversal.

Les piles culées et les quatre autres piles supportant les voûtes de l'ouvrage en maçonnerie accolé ont respectivement, suivant l'axe du chemin de fer, des épaisseurs de $5^m,98$ et de $2^m,96$ au niveau des naissances des voûtes; elles présentent les mêmes fruits que les piles supportant le tablier métallique.

Les cinq arches en maçonnerie ont 1 mètre d'épaisseur à la clef et une largeur de $4^m,64$ entre les têtes.

Sur aucun point les maçonneries ne supportent une pression supérieure à 7^{Kgr},94 par centimètre carré.

La culée de la rive droite et la première pile sont fondées sur un conglomérat de gravier entouré d'une gangue argileuse très résistante.

La pile centrale, sur la rive droite du Rhône, est établie sur un caisson en tôle descendu, au moyen de l'air comprimé, à une profondeur de 9^{m},09 au-dessous de l'étiage, sur un affleurement de bancs calcaires appartenant aux marnes oxfordiennes.

La pile centrale de la rive gauche est fondée, à 4 mètres de profondeur au-dessous de l'étiage, sur les mêmes calcaires.

Les autres piles et la culée de la rive gauche sont aussi fondées sur le rocher que l'on rencontre sous une faible couche de terre végétale.

Les socles des piles, les assises sous les poutres, les cordons des naissances des voûtes et les plinthes de couronnement sont en pierre de taille de Villebois; les chaînes d'angles et les bandeaux de tête des voûtes sont en moellons piqués, le reste des parements est en moellons simplement équarris, à assises horizontales.

Le cube total des maçonneries du viaduc, non compris celles du caisson de fondation de la pile centrale de la rive droite, est d'environ 15500 mètres cubes, la dépense correspondant, avec les travaux accessoires, est de 367936^{fr},34 soit de 36^{fr},64 par mètre cube.

Le caisson de fondation, d'un volume de 848^{mc},98, avec la maçonnerie de remplissage, a donné lieu à une dépense de 92828^{fr},15, soit de 109^{fr},50 par mètre cube.

Le tablier métallique, du poids de 635599 kilogrammes, a donné lieu à une dépense de 299568^{fr},83.

La dépense totale d'établissement du viaduc est de 960333^{fr},32.

La surface en élévation étant de 12708 mètres carrés, le prix par mètre carré ressort à 75^{fr},57.

Les travaux ont été exécutés, sous la direction de M. Ruelle, ingénieur en chef des ponts et chaussées, directeur de la construction des chemins de fer de Paris à Lyon et à la Méditerranée, par MM. Moris, ingénieur ordinaire des ponts et chaussées, ingénieur de la Compagnie, et Truchot, sous-ingénieur de la Compagnie.

3° *Plans comparatifs des gares de Paris en* 1862, 1884 *et* 1900.

Les gares de Paris comprennent les diverses gares ci-après :

I. La gare de Paris proprement dite, s'étendant du boulevard Diderot au boulevard de Bercy, sur une longueur de 1 kilomètre environ;

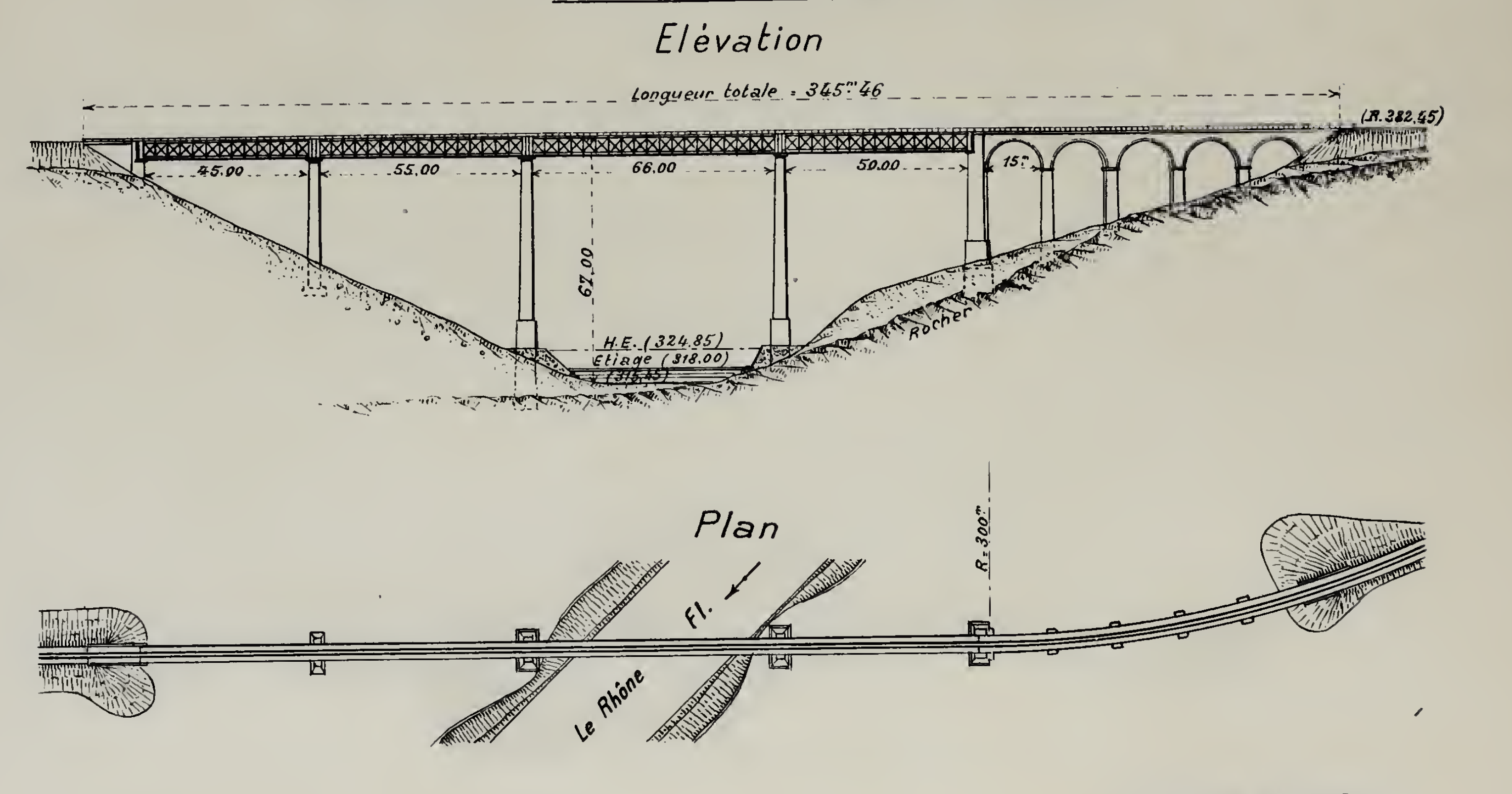
II. La gare de Bercy, s'étendant du boulevard de Bercy à la rue Nicolaï, sur une longueur de 900 mètres environ;

III. La gare Nicolaï, s'étendant, à gauche des voies principales, de la rue Nicolaï aux fortifications, sur une longueur de 450 mètres environ;

IV. La gare de la Rapée et de Bercy-Ceinture (transit), s'étendant, à droite des voies principales, de la rue Nicolaï au quai de Bercy et aux fortifications, sur une longueur de 500 mètres environ;

V. La gare de Conflans, s'étendant des fortifications au pont de Conflans, sur une longueur de 1 kilomètre environ.

VIADUC DU CREDO (Ligne de Collonges à St Gingolph).



Phototypie Berthaud, Paris

Etat des gares en 1862.

I. *Gare de Paris proprement dite.*

La gare de Paris proprement dite comprend les installations suivantes :

1° La gare des voyageurs, ayant son point de départ boulevard Mazas (aujourd'hui boulevard Diderot), et s'étendant sur une longueur de 220 mètres avec une largeur de 60 à 80 mètres.

Elle présente six voies sous la halle, dont deux pour le départ et l'arrivée des voyageurs.

Les bâtiments de départ et d'arrivée ont 10 mètres de largeur.

Le service des postes est en tête de la gare, du côté gauche.

2° Le bâtiment des messageries, départ et arrivée, situé plus loin sur la gauche et ayant 100 mètres de longueur sur 25 mètres de largeur;

3° Le bâtiment du petit entretien, de 100 mètres de longueur sur 35 mètres de largeur, desservi par huit voies à chariots ;

4° Le quai aux chaises de poste et divers bâtiments pour bureaux, sur la droite;

5° Les ateliers de voitures et de machines et le dépôt des machines, s'étendant, à gauche des voies principales, entre la rue de Rambouillet, le chemin de ronde pour l'octroi, aujourd'hui supprimé, et le boulevard extérieur, aujourd'hui boulevard de Bercy.

Le dépôt comporte, pour le remisage des machines, une rotonde de 45 mètres et une demi-rotonde de 45 mètres.

6° Les magasins de la douane, de 40 mètres de long sur 20 mètres de large, et les hangars aux vins, de 225 mètres de long sur 20 mètres de large, desservis par des voies d'une longueur totale de 2250 mètres, lesdits bâtiments situés à droite des voies principales.

II. *Gare de Bercy.*

La gare de Bercy comprend les installations suivantes :

1° A gauche, quelques installations de peu d'importance;

2° A droite, le service des marchandises, départ et arrivée, comprenant six quais couverts situés entre le boulevard de Bercy et la rue du Commerce, aujourd'hui rue Proudhon.

3° A droite, un quai couvert, de 150 mètres de longueur sur 20 mètres de largeur, situé entre la rue du Commerce et la rue Nicolaï.

III. *Gare Nicolaï.*

La gare Nicolaï, située à gauche des voies principales, entre la rue Nicolaï et les fortifications, est spécialement affectée aux bois, chaux, charbons, etc.

Elle comprend les installations suivantes :

1° Un hangar, de 300 mètres de longueur et 12 mètres de largeur, divisé par cases et servant d'entrepôt pour les charbons;

2° Sept hangars destinés aux autres marchandises.

IV. *Gares de Bercy-Ceinture et de la Rapée.*

La gare de Bercy-Ceinture s'étend, à droite des voies principales, entre la rue Nicolaï et les fortifications, elle est spécialement affectée aux expéditions qui doivent

transiter sur un autre réseau, par l'intermédiaire du chemin de fer de petite ceinture, auquel les voies de la compagnie sont raccordées en gare de Bercy.

La gare de la Rapée n'est pas encore construite.

Etat des gares en 1884.

I. *Gare de Paris proprement dite.*

1° Les six voies situées sous la halle des voyageurs sont disposées en deux groupes de trois voies, séparés par un trottoir central ;

2° La messagerie-départ est agrandie sur l'emplacement occupé par les ateliers du petit entretien transportés ailleurs;

3° et 4° Les ateliers du petit entretien sont transportés sur la droite, à l'emplacement occupé primitivement par des bureaux;

5° Les ateliers des voitures et des machines et le dépôt sont considérablement agrandis, par suite de la suppression du chemin de ronde pour l'octroi, et s'étendent jusqu'à la rue du Charolais.

La remise annulaire est supprimée et remplacée par une seconde rotonde de 75 mètres.

6° Les magasins de la douane et le hangar aux vins sont reportés à Bercy, et, dans leur emplacement est installé un service de messageries à l'arrivée.

II. *Gare de Bercy.*

A Bercy, le service des marchandises est scindé et comporte les installations suivantes :

1° A gauche, un quai couvert, de 350 mètres de longueur, pour les marchandises au départ;

2° et 3° A droite, les anciennes installations non modifiées et affectées exclusivement au service des marchandises à l'arrivée;

4° Quatre hangars pour le service de la douane, établis après la rue Proudhon, sur la droite.

III. *Gare Nicolaï.*

Cette gare n'a pas subi de modification.

IV. *Gares de Bercy-Ceinture et de la Rapée.*

Aucune modification n'a été apportée à la gare de Bercy-Ceinture.

La gare de la Rapée a été construite; elle comprend un hangar de 300 mètres de longueur et de 70 mètres de largeur, avec caves.

V. *Gare de Conflans.*

On a élargi, sur la droite, la tranchée dans laquelle passaient les voies principales et l'on a déblayé un vaste quadrilatère destiné à recevoir de nombreux faisceaux de voies qui constituent la gare de Conflans.

Cette gare comprend les installations suivantes :

Un faisceau de onze voies, de 700 mètres de longueur chacune, pour la formation des trains;

Un faisceau de onze voies, de 500 mètres de longueur chacune, pour le chargement et le déchargement des charbons ;

Un faisceau de sept voies, de 350 mètres chacune, pour le remisage des voitures à voyageurs;

Un hangar aux charbons, de 210 mètres de longueur et 15 mètres de largeur;

Deux embranchements particuliers desservant les Magasins généraux de Paris.

Etat des gares en 1900.

I. *Gare de Paris proprement dite.*

La gare de Paris proprement dite a été l'objet d'une transformation considérable.

1° La largeur de la halle est doublée sur la droite par la déviation de la rue de Bercy;

Le nombre des voies sous la halle a été porté de six à treize, avec cinq trottoirs intermédiaires;

En outre des deux cours latérales de départ et d'arrivée, une troisième cour règne le long de la façade, la cour Diderot;

Le bâtiment de l'arrivée est reconstruit avec des dimensions plus grandes;

Un bâtiment monumental est élevé en façade avec une tour, d'un bel aspect, dans l'axe de la rue de Lyon;

Le service des postes, qui se trouvait en tête de la gare, est reporté à l'extrémité du côté de Lyon.

2° Les installations des messageries, au départ et à l'arrivée, sont agrandies et, pour laisser libre circulation aux trains de marchandises sur les voies de voyageurs, ces voies sont rejetées sur la gauche en les doublant, depuis Paris jusqu'à Conflans, soit sur 3 kilomètres.

Comme conséquence de ces travaux, le faisceau de remisage, qui se trouvait à droite des voies, au pont du boulevard de Bercy, est reporté à gauche, à l'emplacement du quai à combustible, qui est installé à droite, dans l'emplacement primitif de ces voies.

3° Le dépôt a été agrandi.

II. *Gare de Bercy.*

A Bercy-douane est installée une usine à gaz riche pour l'éclairage des voitures.

III. *Gare Nicolaï.*

La gare Nicolaï n'a pas subi de transformation notable.

IV. *Gares de Bercy-Ceinture et de la Rapée.*

Les gares de Bercy-Ceinture (transit) et de la Rapée n'ont pas été l'objet de changements notables.

La gare de Bercy-Ceinture (voyageurs) a été reportée de l'intérieur à l'extérieur des fortifications.

V. *Gare de Conflans.*

A la gare de Conflans, le faisceau de remisage est agrandi, et comprend treize voies au lieu de sept.

Les installations suivantes sont ajoutées :

Un dortoir pour les mécaniciens ;

Un pont tournant de 17 mètres pour les machines ;

Un hangar destiné à remiser les bancs militaires

4° Plans comparatifs des gares de Villeneuve-Saint-Georges, voyageurs et triage en 1862, 1884 et 1900.

Etat des gares en 1862.

I. *Gare de Villeneuve-Saint-Georges* (*voyageurs*).

La gare est traversée par deux voies principales de voyageurs.

Le service des marchandises est assuré par deux voies, d'une longueur totale de 350 mètres environ, desservant le bâtiment de la petite vitesse, de 20 mètres de longueur et 12 mètres de largeur.

A l'extrémité sud, près du pont sur l'Yerres, l'embranchement de Corbeil se détache de la ligne principale, sur la droite.

II. *Gare de Villeneuve-triage.*

La gare présente une longueur de 1 500 mètres environ et une largeur moyenne de 80 mètres.

Le faisceau de triage est constitué par treize voies s'étendant tant à gauche qu'à droite des voies principales et ayant une longueur totale de 10 kilomètres environ.

Ces voies sont reliées par transversales et plaques tournantes.

A l'extrémité de la gare, du côté de Paris, et sur la droite des voies principales, est installée une remise pour deux machines.

Etat des gares en 1884.

I. *Gare de Villeneuve-Saint-Georges* (*voyageurs*).

La gare a subi quelques transformations par suite du doublement des voies principales de Conflans à Villeneuve-Saint-Georges et de l'établissement de la ligne de grande ceinture.

Les installations ajoutées ou modifiées sont les suivantes :

Trottoir central, avec abri, construit entre les voies de la ligne principale et celles de la ligne de Corbeil ;

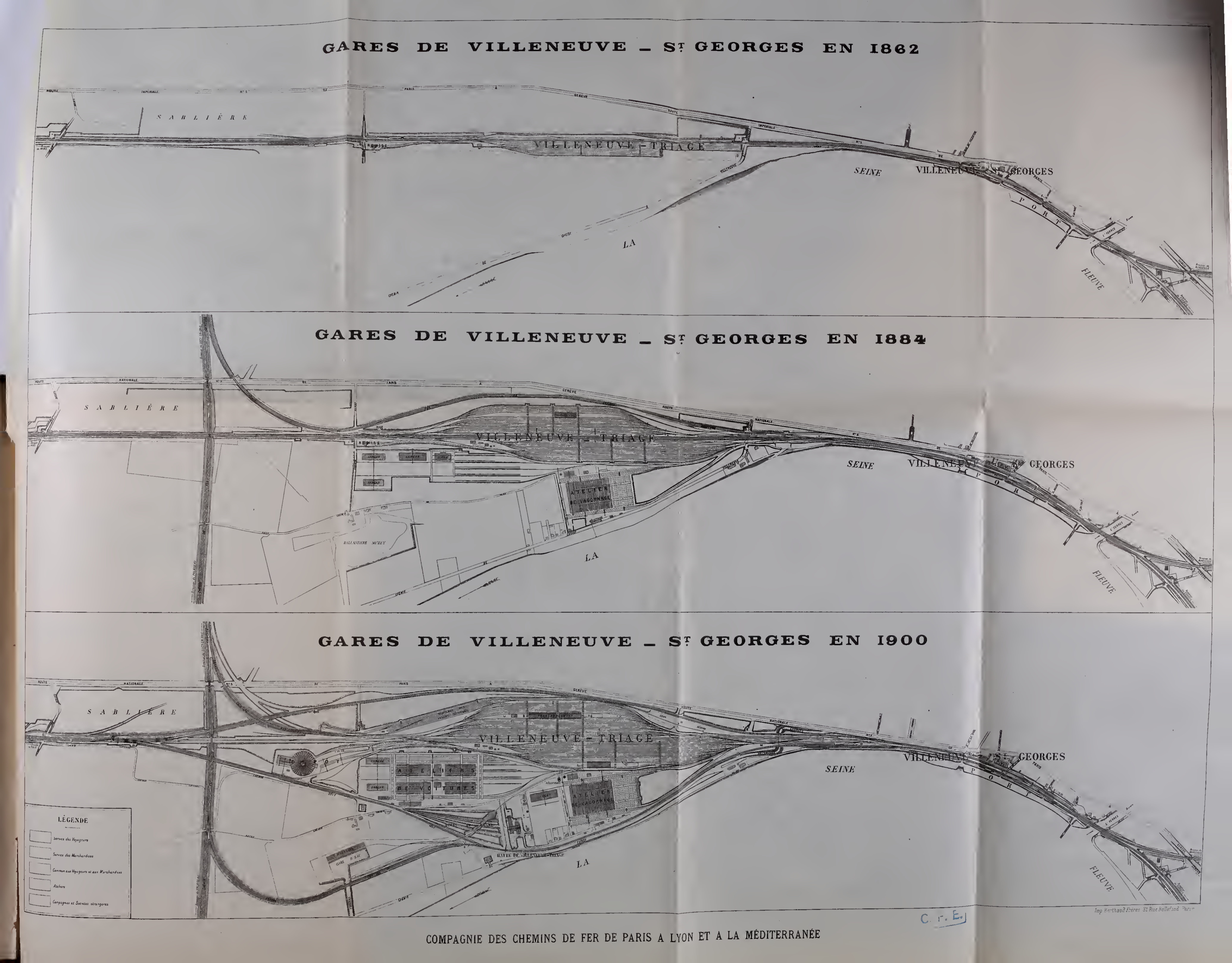
Agrandissement du bâtiment de la petite vitesse dont les dimensions sont portées à 44 mètres sur 20 mètres.

Report de la bifurcation de la ligne de Corbeil vers Paris, au point où le chemin de grande ceinture se raccorde avec la ligne de Paris à Lyon.

II. *Gare de Villeneuve-triage.*

La gare a été notablement développée dans le sens de la largeur qui a été portée à 450 mètres environ.

Le faisceau de triage comprend quarante-trois voies ayant une longueur totale de



COMPAGNIE DES CHEMINS DE FER DE PARIS A LYON ET A LA MÉDITERRANÉE



30 kilomètres environ; ces voies sont desservies par chariots à vapeur sans fosse et par plaques tournantes.

Les bâtiments suivants ont été modifiés ou construits dans le périmètre de la gare :

Le hangar de transbordement est agrandi, ses dimensions sont portées à 80 mètres sur 22 mètres;

Une scierie mécanique est installée dans la gare, elle comprend quatre hangars de 80 à 100 mètres de longueur, sur 20 à 30 mètres de largeur, desservis par voies, chariots et plaques tournantes;

On a construit un atelier de wagonnage, de 150 mètres de longueur et 110 mètres de largeur, desservi par voies, chariots et plaques tournantes;

On a établi un réfectoire de 36 mètres de longueur et 8 mètres de largeur ;

On a installé deux saxbys commandant l'entrée et la sortie du triage.

On a construit, à l'extrémité de la gare, du côté de Lyon, un quai aux grands bois de 60 mètres de longueur.

Etat des gares en 1900.

I. *Gare de Villeneuve-Saint-Georges (voyageurs).*

Aucune modification importante n'a été apportée aux installations de la gare de Villeneuve-Saint-Georges (voyageurs).

II. *Gare de Villeneuve-triage.*

Les modifications suivantes ont été apportées aux voies de la gare :

La gare n'est plus traversée par deux voies principales affectées spécialement aux marchandises.

Les voies principales affectées aux trains de voyageurs sont reportées, celles de la ligne de Paris à Lyon sur la gauche et celles de la ligne de Corbeil sur la droite, de manière à englober entre elles les voies de triage et les ateliers.

Le chemin de grande ceinture se raccorde, sur la gauche, avec les voies de triage, pour les trains de marchandises, sur la droite, avec les voies de Corbeil, pour les trains de voyageurs. Au point où se trouve ce dernier raccordement, est installée la halte de Villeneuve-triage.

Outre les deux voies principales de marchandises, sont installées, tant à gauche qu'à droite, une longueur totale de 46 kilomètres de voies de remisage, de garage et de triage, desservies par chariots à vapeur et plaques tournantes.

Les bâtiments de la gare ont reçu les modifications et additions suivantes :

Allongement du hangar de transbordement, du côté gauche, dont les dimensions sont portées à 190 mètres sur 22 mètres;

Etablissement d'un second hangar de transbordement sur la droite, de 80 mètres de longueur et 22 mètres de largeur;

Construction d'un dépôt pour machines comprenant une rotonde de 90 mètres pour 36-54 machines et une annexe de 50 mètres sur 30 mètres;

Construction à l'emplacement d'une partie de la scierie, d'importants ateliers de voitures, destinés à remplacer ceux de Paris démolis, et comprenant :

Deux bâtiments, de 120 mètres sur 43 mètres chacun, affectés au carrossage;

Un bâtiment, de 100 mètres sur 43 mètres, affecté au finissage et au vernissage;
Un bâtiment, de 100 mètres sur 43 mètres, affecté à la peinture;
Un bâtiment, de 25 mètres sur 43 mètres, affecté au garnissage;
Etablissement, comme dépendances de ces ateliers, de différents bâtiments d'importance secondaire, tels que :

Bâtiments pour broierie, matières inflammables et dérochage des cuivres;
Bâtiment d'habitation pour les chefs et les sous-chefs d'ateliers;
Bâtiments pour bureaux et magasins, etc.;
Reconstruction du réfectoire sur un emplacement nouveau, avec une annexe pour une école destinée aux enfants des agents.

5° Plans comparatifs de la gare de Marseille-Saint-Charles en 1872, 1884 et 1900.

Etat de la gare en 1872.

I. *Dispositions générales de la gare.*

La gare présente une longueur moyenne de 1320 mètres et une largeur moyenne de 240 mètres.

Le nombre des voies de voyageurs, départ et arrivée, est de quatre.

Le nombre des voies de garage est de quarante-huit.

Le développement total des voies est de 21 kilomètres.

II. *Dispositions des bâtiments.*

Les installations de la gare comprennent les bâtiments suivants :

Halle des voyageurs, de 159 mètres de longueur et 30 mètres de largeur;
Bâtiment des messageries, de 70 mètres de longueur et 21 mètres de largeur;
Six halles pour la petite vitesse, savoir :
Quatre halles de 120 mètres de longueur et 20 mètres de largeur;
Une halle de 160 mètres de longueur et 15 mètres de largeur;
Une halle de 280 mètres de longueur et 15 mètres de largeur;
Une remise pour sept machines.
Un bâtiment renfermant un hôtel terminus et un buffet, de 65 mètres de longueur et 15 mètres de largeur.

Etat de la gare en 1884.

I. *Dispositions générales de la gare.*

La longueur moyenne de la gare est portée de 1320 à 1570 mètres, sa largeur moyenne reste de 240 mètres.

Le nombre des voies de voyageurs, arrivée et départ, est porté de quatre à sept.

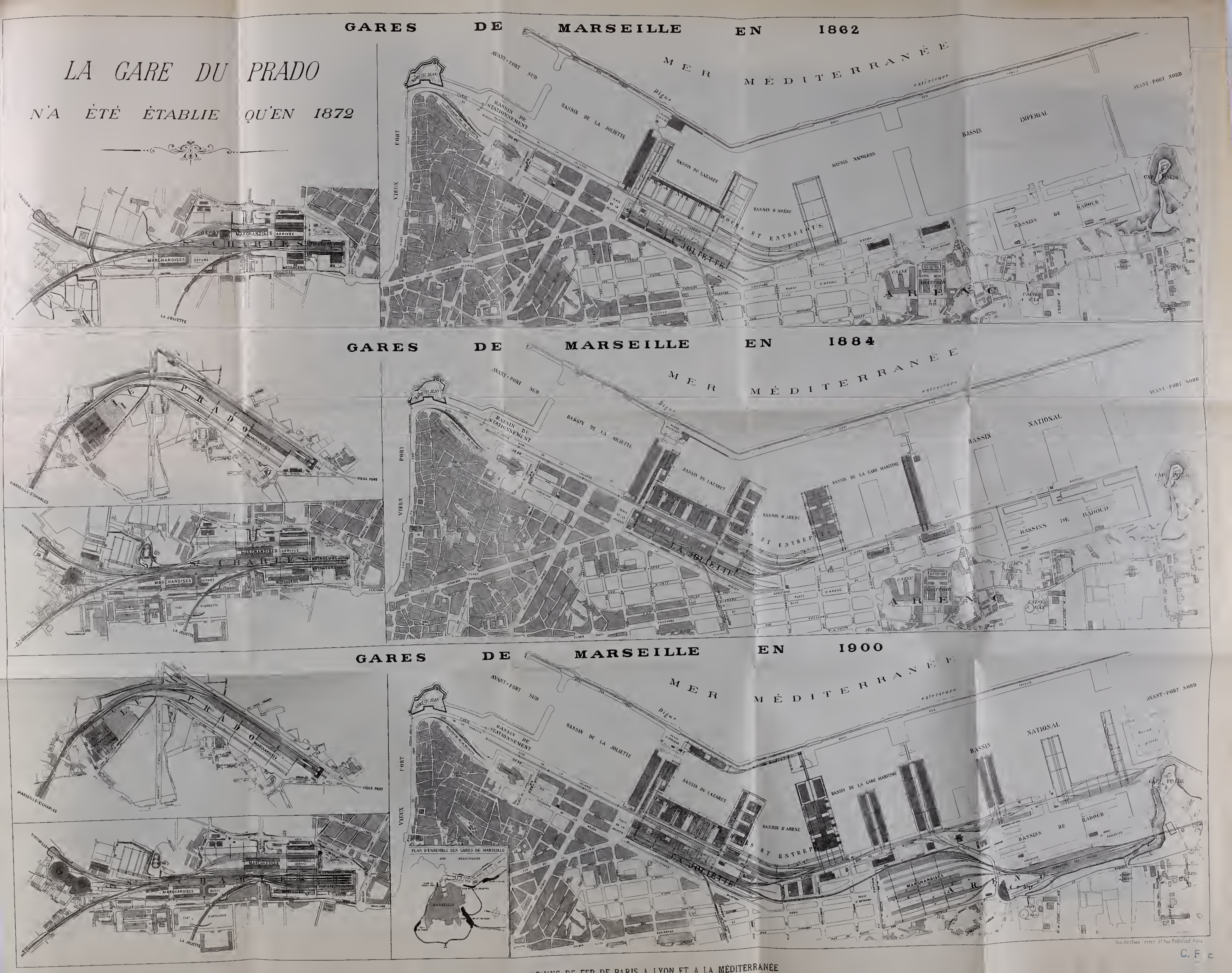
Le nombre des voies de garage est porté de quarante-huit à soixante.

Le développement total des voies passe de 21 à 25 kilomètres.

II. *Dispositions des bâtiments.*

Les bâtiments de la gare ont reçu les modifications et additions suivantes :

La halle des voyageurs n'a été l'objet d'aucun changement;



GARES DE MARSEILLE EN 1862
LA GARE DU PRADO
N'A ÉTÉ ÉTABLIE QU'EN 1872
MER MÉDITERRANÉE
AVANT-PORT SUD
BASSIN DE STATIONNEMENT
BASSIN DE LA JOLIETTE
BASSIN DU LAZARET
BASSIN D'ARENC
BASSIN NAPOLÉON
BASSIN IMPÉRIAL
AVANT-PORT NORD
BASSINS DE RADOUB
DOCKS ET ENTREPÔTS
LA JOLIETTE
VIEUX PORT
ARENC
CAP PINÈDE
S. CHARLES
MARCHANDISES
DÉPART
ARRIVÉE
VOYAGEURS
MESSAGERIE
DÉPÔT
GARES DE MARSEILLE EN 1884
MER MÉDITERRANÉE
AVANT-PORT SUD
BASSIN DE STATIONNEMENT
BASSIN DE LA JOLIETTE
BASSIN DU LAZARET
BASSIN D'ARENC
BASSIN DE LA GARE MARITIME
BASSIN NATIONAL
AVANT-PORT NORD
BASSINS DE RADOUB
DOCKS ET ENTREPÔTS
LA JOLIETTE
VIEUX PORT
ARENC
LE PRADO
MARCHANDISES
MARSEILLE-S. CHARLES
S. CHARLES
GARES DE MARSEILLE EN 1900
MER MÉDITERRANÉE
AVANT-PORT SUD
BASSIN DE STATIONNEMENT
BASSIN DE LA JOLIETTE
BASSIN DU LAZARET
BASSIN D'ARENC
BASSIN DE LA GARE MARITIME
BASSIN NATIONAL
AVANT-PORT NORD
BASSINS DE RADOUB
DOCKS ET ENTREPÔTS
LA JOLIETTE
VIEUX PORT
ARENC
CAP PINÈDE
LE PRADO
MARCHANDISES
MARSEILLE-S. CHARLES
S. CHARLES
PLAN D'ENSEMBLE DES GARES DE MARSEILLE
MARSEILLE
DE FER DE PARIS A LYON ET A LA MÉDITERRANÉE
C. F.



Les dimensions du bâtiment des messageries sont de 180 mètres de longueur et 15 mètres de largeur ;

Les halles de petite vitesse sont au nombre de neuf au lieu de six, savoir :

Quatre halles de 120 mètres de longueur et 20 mètres de largeur ;

Deux halles de 160 mètres de longueur et 18 mètres de largeur ;

Une halle de 150 mètres de longueur et 15 mètres de largeur ;

Une halle de 100 mètres de longueur et 15 mètres de largeur ;

Une halle de 280 mètres de longueur et 15 mètres de largeur ;

Un atelier de petit entretien a été installé, il a 52 mètres de longueur et 43 mètres de largeur ;

Une rotonde pour 32 machines remplace la remise pour 7 machines ;

On a installé dans la gare un bassin d'une capacité de 5 000 mètres cubes.

Le bâtiment de l'hôtel Terminus et du buffet n'a reçu aucun changement.

Etat de la gare en 1900.

I. *Dispositions générales de la gare.*

Les dimensions de la gare n'ont pas été modifiées.

Le nombre des voies de voyageurs, arrivée et départ, est porté de sept à dix.

Le nombre des voies de garage n'est pas modifié, il est de soixante.

La longueur totale des voies est portée de 25 à 30 kilomètres.

II. *Dispositions des bâtiments.*

La longueur de la halle des voyageurs est maintenue à 159 mètres, sa largeur est portée de 30 à 53 mètres.

Les dimensions du bâtiment des messageries ne sont pas modifiées.

Les halles pour la petite vitesse, au nombre de neuf, n'ont reçu aucune modification.

Les dimensions des ateliers du petit entretien sont portées de 43 sur 52 mètres, à 80 sur 30 mètres.

Une rotonde pour trente-six machines est ajoutée à la rotonde pour trente-deux machines existante.

Un bassin, d'une capacité de 4 100 mètres cubes est ajouté au bassin existant de 5000 mètres cubes de capacité.

La largeur du bâtiment de l'hôtel Terminus et du buffet est maintenue à 15 mètres, sa longueur est portée de 65 à 80 mètres.

VI. — Service du département de la Haute-Vienne.

Chemin de fer de Limoges à Brive.

(Dessin du viaduc sur la Vienne.)

Le viaduc, sur lequel le chemin de fer de Limoges à Brive traverse la Vienne, construit de 1886 à 1889, se compose de vingt-trois arches en maçonnerie de 15 mètres d'ouverture, dont cinq dans le lit de la rivière, avec une pile culée sur chaque rive. La longueur de l'ouvrage est de 423^{m},40 et sa hauteur maxima de 31^{m},50. Tous les parements vus, y compris les bandeaux des voûtes, sont en moellons granitiques têtués à

bossages rustiques. Le fût du parapet ajouré est en calcaire demi dur qui a été soumis à l'hydrofluosilicatisation pour le mettre à l'abri des gelées. L'exécution de cet ouvrage est très soignée.

VII. — Compagnie du chemin de fer d'intérêt local d'Enghien à Montmorency.

Profil en long de la ligne.

La longueur totale de la ligne est de $3^{Km},018$, elle est constamment en rampe d'Enghien à Montmorency.

La gare d'Enghien est à la cote de $47^{m},238$ au-dessus du niveau de la mer et celle de Montmorency à la cote de $113^{m},341$. La différence de niveau de $66^{m},103$ est rachetée par onze rampes de déclivités variant de $0^{m},003$ à $0^{m},046$ par mètre.

Le minimum du rayon des courbes est de 250 mètres. Il n'existe qu'une seule courbe de ce rayon présentant un développement de $272^{m},30$; toutes les autres courbes ont des rayons d'au moins 300 mètres.

VIII. — M. Molinos, ingénieur des Arts et Manufactures, ancien président de la Société des Ingénieurs civils de France.

Chemin de fer de Lyon à la Croix-Rousse.
(Vues photographiques et dessins du frein.)

Le chemin de fer de Lyon à la Croix-Rousse a été établi en 1862 par M. Molinos. C'est le premier plan incliné à fortes rampes pour voyageurs qui ait été construit. Il a servi de type aux plans inclinés de Péra, de Fourvières à Lyon, de Lauzanne, de Saint-Clair à la Croix-Rousse, à Lyon, etc.

La longueur totale de la ligne ne dépasse pas 500 mètres, sa déclivité est de $0^{m},16$ par mètre.

L'intérêt de l'œuvre accomplie par M. Molinos réside surtout dans les procédés qu'il a imaginés pour assurer la sécurité complète des trains, en cas de rupture du câble de traction.

Sur une déclivité aussi forte que celle de $0^{m},16$ par mètre, le frottement de glissement des roues calées n'aurait pas pu empêcher le train de descendre, il ne suffisait donc pas, en cas de rupture du câble, d'enrayer toutes les roues pour assurer l'immobilité du train. Il fallait créer un moyen d'arrêt supplémentaire et il était indispensable, pour assurer une sécurité complète, que ce moyen ne fût pas seulement à la disposition du conducteur, mais qu'il fonctionnât automatiquement. En effet, en cas de rupture du câble, l'inattention ou l'hésitation du conducteur aurait suffi pour permettre au train de prendre rapidement une accélération qui aurait pu briser les organes du frein mis tardivement en action.

La disposition adoptée consiste essentiellement en deux mâchoires d'étau enfilées sur un arbre portant deux filets de vis de sens contraire de façon que cet arbre, en tournant, rapproche les mâchoires. Entre les deux mâchoires est fixée une poulie à gorge élastique. Un même arbre porte deux appareils suspendus chacun au-dessus d'un rail de la voie. Si l'ensemble du système vient à tomber, les poulies, sous l'action

du poids de l'appareil qui est d'environ 800 kilogrammes, s'embrayent avec le rail par leurs gorges élastiques, la voiture en descendant fait tourner les poulies, et les filets de vis serrent les mâchoires contre les rails.

Rien de plus simple que d'établir un organe permettant au conducteur de faire tomber les freins sur les rails.

Pour rendre le fonctionnement du système automatique, la disposition suivante a été adoptée : l'ensemble de l'appareil repose sur une came fixée à un arbre tournant et, au moyen d'un levier également fixé à cet arbre et relié au câble de traction, cette came est maintenue horizontale tant que le câble exerce un effort, sa rupture provoque ainsi la chute du système et le fonctionnement du frein. En même temps, au moyen d'une disposition analogue, s'effectue la chute de contre-poids mettant en action des freins à bande qui enrayent les roues. Ces freins empêcheraient la voiture de se mettre en mouvement pour une inclinaison atteignant 8 p. 100 au minimum, et plus, suivant l'état hygrométrique des rails. Le frein à mâchoires n'a à pourvoir qu'à l'excédent, c'est-à-dire à l'action de la pesanteur sur une inclinaison de 8 p. 100 au plus.

A l'arrivée dans les gares, la voie devenant horizontale, la traction du câble diminue et les freins pourraient tomber. Pour éviter cet inconvénient, le frein est muni de galets extérieurs qui viennent s'engager sur des lisses en bois convenablement disposées.

Ces freins ont été l'objet d'expériences réitérées lors de la réception de la ligne, laquelle n'a eu lieu qu'après la constatation de leur complète efficacité, qui ne s'est jamais trouvée en défaut depuis trente-huit ans d'exploitation.

Le type des machines motrices, fournies par le Creusot, est celui des machines de mines qui s'applique parfaitement à l'exploitation. On y a ajouté un tambour avec enroulement mécanique du câble afin d'éviter le chevauchement qui aurait pu, en occasionnant des secousses, provoquer la rupture du câble.

L'exécution des travaux d'établissement de la ligne a présenté quelques difficultés qui ont été heureusement surmontées.

La construction de la gare de Lyon nécessitait une excavation profonde entraînant sur la droite l'exécution d'un mur de soutènement de 11 mètres de hauteur, dont le parement devait être établi à $2^m,50$ des façades de maisons à quatre étages qu'il fallait respecter, en évitant même de les faire évacuer. On y est parvenu en construisant avec précaution, par cheminées étroites, la partie supérieure du mur de soutènement; on a pu ensuite l'étayer solidement et déblayer, par cheminées étroites, pour le reprendre en sous-œuvre.

On a dû, d'autre part, passer en tunnel sous une maison en pisé de quatre étages, l'extrados du tunnel étant au niveau du sol du rez-de-chaussée; on y est parvenu, sans produire aucune lézarde, par le procédé suivant : on a pratiqué successivement, aux quatre angles de la maison, des puits que l'on a remplis de béton. Les quatre angles ainsi assurés, on a construit la voûte du tunnel et repris les pieds droits en sous-œuvre. Il n'a même pas été nécessaire d'étrésillonner les fenêtres de la maison qui, pendant le travail, était occupée par le personnel de la Compagnie. L'ensemble des procédés mis en œuvre a été une application, en petit, de la méthode qui venait d'être employée par Eugène Flachat pour sa reprise en sous-œuvre des piliers de la tour de la cathédrale de Bayeux.

IX. — M. Deloere, inspecteur général des Ponts et Chaussées en retraite.

Chemins de fer de Firminy à Annonay et du Pertuiset à Saint-Just-sur-Loire.

(Deux albums de photographies avec cartes des tracés et profils en long.)

Le chemin de fer de Firminy à Annonay établit une communication entre Firminy, situé dans la vallée de la Loire, à la cote de 470 mètres au-dessus du niveau de la mer et Annonay, situé dans la vallée du Rhône, à la cote de 350 mètres.

La ligne se développe dans une région très accidentée.

La voie ferrée franchit au col du Tracol (altitude 1050 mètres) la ligne de faîte qui sépare le bassin de l'Océan de celui de la Méditerranée.

Du côté de l'Océan, le tracé n'atteint cette ligne de faîte qu'après avoir suivi successivement trois affluents de la Loire : la Gampille de Firminy à Saint-Ferréol, la Semène de Saint-Ferréol au plateau de Saint-Pal et enfin le ruisseau de Dunières, de Dunières au Tracol. Les déclivités ne dépassent nulle part, dans cette partie, $0^{m},022$ par mètre. Le profil en long présente une contre-pente importante entre Saint-Pal et Dunières.

Du côté du Rhône, le tracé suit constamment la vallée de la Déôme; toutefois il ne rejoint le fond de la vallée qu'après avoir décrit autour du mamelon des Chirattes une boucle fermée. Cette combinaison, qui a permis d'augmenter le développement de la ligne, est due à M. l'ingénieur Michaud. Elle n'a exigé, au nœud de la boucle, qu'un seul souterrain de 972 mètres de longueur ; elle a permis de desservir, dans de bonnes conditions, la ville de Bourg-Argental, la plus importante agglomération rencontrée par la ligne, qui, si cette solution n'avait pas été découverte, se serait trouvée à 30 mètres au-dessous du tracé.

On a été forcé d'admettre, entre le Tracol et Bourg-Argental, une pente continue de $0^{m},030$ par mètre. Entre Bourg-Argental et Annonay, la déclivité est réduite à $0^{m},022$ par mètre, grâce au développement supplémentaire du tracé produit par la boucle de Bourg-Argental.

Le rayon minimum des courbes est de 300 mètres.

La ligne ne comprend pas moins de douze viaducs et de dix-neuf souterrains; tous ces ouvrages sont exécutés pour une voie unique.

Les viaducs sont tous en maçonnerie avec voûtes en plein cintre dont les ouvertures varient de 10 à 15 mètres; le nombre des arches est compris entre cinq et seize. La hauteur maximum de ces viaducs est de $38^{m},20$.

Trois des viaducs, particulièrement longs, ceux de Dunières, Faurie et Sarcenas, comprennent des piles munies de contreforts surmontés de refuges.

La longueur totale des souterrains est de $9540^{m},50$; le souterrain le plus court a une longueur de 95 mètres, et le plus long, le souterrain du Tracol, une longueur de 2400 mètres. Deux puits ont été établis pour faciliter le percement de ce souterrain, tous les autres ont été exécutés sans puits.

A l'exception des petits souterrains du Bruneaux et de Lameth, qui sont ouverts dans le schiste houiller, tous les souterrains sont percés dans le granit.

La section transversale de ces souterrains à l'intrados présente une superficie de $28^{mq},51$, y compris un aqueduc longitudinal pour l'écoulement des eaux.

La longueur totale de la ligne est de 64893 mètres. La dépense d'établissement s'élève à la somme totale de $24739174^{fr},26$, dont 20186000 francs pour l'infrastruc-

ture et 4553174fr,26 pour la superstructure, ce qui correspond à une dépense par kilomètre, de 311066 francs pour l'infrastructure et de 70164fr,35 pour la superstructure.

La ligne du Pertuiset à Saint-Just-sur-Loire, d'une longueur totale de 16149m,80, suit, dans tout son parcours, les gorges de la Loire, sur la rive droite; la ligne traverse deux fois le fleuve, en face de Saint-Victor, pour franchir une boucle qu'il présente sur ce point et dont les deux branches ne sont séparées que par une arête de rocher de peu d'étendue.

Le minimum du rayon des courbes est de 300 mètres; le maximum des déclivités ne dépasse pas 0m,010 par mètre.

Les gorges de la Loire étant très abruptes et présentant des courbes nombreuses qu'il était impossible de contourner, il a été nécessaire d'établir sept viaducs, y compris les deux ouvrages construits sur la Loire et onze souterrains d'une longueur totale de 1630 mètres.

Les viaducs sont tous en maçonnerie avec voûtes en plein cintre, dont les ouvertures varient de 8 mètres à 22 mètres. Le nombre des arches est compris entre deux et vingt-deux.

La hauteur maxima des viaducs est de 30m,75.

La longueur minimum des tunnels est de 80 mètres et leur longueur maximum de 435 mètres.

Les projets des deux lignes de Firminy à Annonay et du Pertuiset à Saint-Just-sur-Loire ont été exécutés, sous la direction de MM. Collet-Meygret et Cabarrus, inspecteurs généraux des ponts et chaussées, par MM. Delocre, ingénieur en chef, et Michaud, ingénieur ordinaire.

Les travaux de parachèvement ont été faits par M. Petit, ingénieur en chef, et MM. Michaud, Pinat et René Tavernier, ingénieurs ordinaires, sous la direction de M. Ricour, inspecteur général des ponts et chaussées.

VI

TRAVAUX DES VILLES

Généralités.

Le Comité d'admission de la classe 29, dans la circulaire qu'il a adressée aux ingénieurs des ponts et chaussées chargés des services du département, leur a signalé, parmi les objets qui figureraient, avec avantage, à l'exposition rétrospective de cette classe, les travaux d'alimentation en eau, d'assainissement et d'éclairage des villes.

Le Comité a, d'autre part, envoyé une circulaire spéciale à MM. les Maires de toutes les villes de France comptant au moins 50000 habitants, pour les prier de faire figurer à l'exposition de la classe les plans et dessins des travaux municipaux les plus importants qui auraient pu être exécutés au siècle dernier.

MM. les Maires des villes de Saint-Etienne et de Tours ont seuls répondu à cet appel. M. le Maire de la ville de Raon-l'Etape (Vosges), qui ne compte pas 5000 habitants, a demandé à exposer des plans comparatifs faisant connaître les progrès réalisés, de 1800 à 1900, dans les travaux de voirie, d'alimentation en eau et d'assainissement; le Comité a accueilli favorablement cette demande.

La ville de Paris devant réunir toutes ses expositions dans un palais spécial, le Comité n'a rien pu lui demander.

OBJETS EXPOSÉS :

Les exposants, en ce qui concerne les travaux des villes, sont au nombre de cinq, savoir :

École des Ponts et Chaussées.

(M. l'inspecteur général Ricour, directeur; M. l'inspecteur général de Dartein, inspecteur.)

M. le Maire de la ville de Saint-Étienne.

M. le Maire de la ville de Tours.

M. le Maire de la ville de Raon-l'Étape.

Service ordinaire du département des Hautes-Pyrénées.

(M. de Thelin, ingénieur en chef.)

I. — École des Ponts et Chaussées.

1° *Aqueduc de Roquefavour sur l'Are.*

(Modèle à l'échelle de 0m,04 par mètre, 1/25.)

Cet aqueduc donne passage au canal de la Durance à Marseille, sa longueur est de 393 mètres, sa hauteur maxima au-dessus de la base des socles est de 82m,65; sa largeur au sommet est de 4m,50.

L'ouvrage est à trois étages de voûtes; le premier étage comprend douze arches de 15 mètres d'ouverture, le second, quinze arches de 16 mètres, le troisième, cinquante-trois petites arches de 5 mètres.

La hauteur de l'étage inférieur, de la base du socle à la première plate-forme, est de 34m,10;

Celle de l'étage intermédiaire, d'une plate-forme à l'autre, est de. . 37m,60;

Celle de l'étage supérieur, de la seconde plate-forme au sommet du parapet, est de . . . . 10m,95.

Les piles sont pourvues de contreforts qui règnent depuis le socle jusque sur la plinthe couronnant l'étage supérieur.

Les dimensions des piles et des contreforts sont indiquées dans le tableau suivant :

INDICATION DES POINTS AUXQUELS SE RAPPORTENT LES DIMENSIONS	LARGEURS		LONGUEURS	
	De la pile	Des contreforts	De la pile	De la pile et des deux contreforts
	Mètres.	Mètres.	Mètres.	Mètres.
Au niveau des naissances des voûtes du 2me étage.	5,00	3,00	4,50	5,80
Sous le cordon de 0m,90 établi à ce niveau.......	5,00	3,40	4,85	5 91
Au niveau de la première plate-forme...........	5,25	3,65	4,85	»
Au niveau des naissances des voûtes du 1er étage.	»	3,75	4,90	10,20
Sous le cordon de 1 mètre réguant à ce niveau...	6,00	4,00	5,50	10,56
Au niveau du socle...........................	6,57	4,57	5,50	13,60
Sur la hauteur du socle....................	7,20	5,20	6,10	14,20

Les grandes voûtes ont 1 mètre d'épaisseur à la clef. Les petites voûtes supérieures ont 1^{m},05 d'épaisseur à la clef; leurs piliers ont 4 mètres de hauteur, le cordon compris, 2 mètres d'épaisseur aux naissances et 2^{m},05 d'épaisseur à la base; la largeur de l'ouvrage entre les têtes à cet étage est de 4^{m},50.

La cuvette, maçonnée en briques,a 2 mètres de largeur au plafond, 2^{m},30 en gueule et 2^{m},40 de hauteur, elle présente une pente de 0^{m},006 par mètre.

Une petite galerie en plein cintre, de 3^{m},30 d'ouverture, établie immédiatement au-dessus de l'extrados des premières voûtes et au-dessus de la première plate-forme, permet de parcourir l'ouvrage à ce niveau; on peut également le parcourir sur la plate-forme à l'aide d'ouvertures, de 1 mètre sur 2 mètres, pratiquées dans les piles. Une galerie non voûtée, de 1 mètre sur 2^{m},50, est établie au-dessus du deuxième rang d'arches, entre leur extrados et le niveau de la deuxième plate-forme.

Toutes les piles sont construites en pierre de taille, les lits et le périmètre des faces verticales sont seuls taillés, l'ensemble de chaque face vue restant brut. Le cube total des maçonneries est de 66650 mètres cubes environ, dont plus de 50000 mètres cubes en pierre de taille.

La pression à la base des piles est de 14^{Kgr},68 par centimètre carré.

La dépense, presque entièrement effectuée en régie, s'est élevée à 3700000 francs, soit à environ 177 francs par mètre carré d'élévation.

Cet ouvrage a été projeté et construit, de 1841 à 1847, par M. de Montricher, ingénieur en chef des ponts et chaussées.

2° *Barrage du Furens* (*Loire*).

(Modèle à l'échelle de 0^{m},01 par mètre, 1/100.)

Le barrage construit sur le Furens, en un point de la vallée dit « Le Gouffre d'Enfer », a été établi dans un triple but : 1° préserver la ville de Saint-Etienne contre les inondations; 2° donner à la distribution d'eau de la ville un supplément de 600000 mètres cubes par an ; 3° assurer le jeu régulier des usines en aval du barrage dans les conditions préexistantes et maintenir, autant que possible, à cet effet, un débit de 350 litres par seconde.

Ce but complexe a été atteint par la construction d'un barrage de 50 mètres de hauteur et la création d'un vaste réservoir en amont. Ce réservoir ayant absorbé l'ancien lit sur un certain parcours, on en a créé un nouveau capable de débiter 100 litres par seconde et contournant le réservoir pour rejoindre l'ancien lit en aval du barrage.

La capacité du réservoir est de 1200000 mètres cubes depuis le fond jusqu'à 44^{m},50 de hauteur, et de 1600000 mètres cubes jusqu'à 50 mètres; il en résulte que la tranche d'eau supérieure, de 5^{m},50 de hauteur, représente un volume de 400000 mètres cubes, soit le double de la partie nuisible d'une trombe comme celle qui a causé la submersion de plusieurs quartiers de la ville de Saint-Etienne en 1849. Si donc, on a eu soin de ne jamais dépasser le chiffre de 44^{m},50 pour la hauteur de la retenue, on pourra emmagasiner, dans la partie supérieure réservée aux inondations, un volume double de celui qui a causé les dégâts de 1849. La crue passée et le débit redevenu inférieur à 93 mètres cubes, on vide, par un aqueduc souterrain, dont le radier est à la hauteur de 44^{m},50, toutes les eaux excédant cette cote, qui se déversent dans le nouveau lit du Furens.

Quant au volume de 1200000 mètres cubes que peut contenir le réservoir au-dessous de la cote de 44^{m},50, il constitue une réserve qui se forme pendant que le débit du Furens excède 350 litres par seconde et que la ville de Saint-Etienne a le droit d'utiliser, soit pour sa consommation, soit pour améliorer le service des usines lorsque

ce débit devient inférieur à 350 litres. A cet effet, un second tunnel, percé dans le rocher et pourvu de deux conduites en fonte de $0^{m},40$ de diamètre, prend l'eau au niveau du fond du réservoir et la conduit dans un puisard, au moyen de robinets-vannes, que l'on manœuvre de façon à réglementer le double service des usines et de la ville.

Le barrage a 50 mètres de hauteur, $5^{m},70$ d'épaisseur en couronne et $49^{m},04$ au fond de la vallée. En plan, il est tracé suivant un arc de cercle ayant 100 mètres de corde, 5 mètres de flèche et $252^{m},50$ de rayon. Les deux parements sont continus et à peu près conformes au type théorique à pression uniforme, étudié par M. l'ingénieur ordinaire Delocre; ils diffèrent de ce type, d'une part, en ce qu'on a substitué des profils courbes aux profils polygonaux; d'autre part, en ce que l'épaisseur a été sensiblement augmentée dans la partie supérieure et un peu diminuée à la base. Ces modifications sont dues aux craintes qu'inspirait l'action des vagues et surtout des glaces, dont l'épaisseur peut atteindre $0^{m},50$.

Le tableau suivant indique les épaisseurs du barrage à diverses hauteurs, ainsi que les pressions, à vide et à charge correspondantes.

INDICATION DE LA HAUTEUR AU-DESSOUS DU COURONNEMENT	ÉPAISSEUR DU BARRAGE	PRESSION MAXIMA	
		LE RÉSERVOIR ÉTANT VIDE	LE RÉSERVOIR ÉTANT PLEIN
Mètres.	Mètres.	Kilog.	Kilog.
0,00	5,70	»	»
12,00	9,56	2,40	3,20
26,00	18,01	5,10	5,70
32,00	23,49	5,90	6,00
38,00	30,30	6,40	6,30
50,00	49,04	6,00	6,50

Les travaux, commencés en 1861, ont été terminés en 1866. Ils ont donné lieu à une dépense totale de 1 570000 francs, dont l'Etat a pris 570000 francs à sa charge.

M. l'ingénieur en chef Graeff a dirigé les études et l'exécution, avec le concours de MM. les ingénieurs ordinaires Conte-Granchamp, qui a dressé l'avant-projet, Delocre, qui a fait les études théoriques, d'après lesquelles on a arrêté le profil du barrage, et de Montgolfier, qui a été chargé de la construction.

II. — M. le Maire de la ville de Saint-Étienne (Loire).

1° *Plan de la ville de Saint-Etienne indiquant ses développements successifs depuis* 1450.

En 1450, les consuls sont autorisés à entourer la bourgade groupée autour de l'église de murs d'enceinte de 20 pieds de hauteur et de 5 pieds d'épaisseur. L'enceinte présente la forme d'un rectangle de 400 mètres sur 200 mètres environ; elle est percée de deux portes où aboutissent les chemins de Lyon et du Puy et renferme 130 maisons. Quelques fermes sont disséminées dans les environs.

En 1500, les faubourgs de Roannelle et d'outre-Furens sont déjà importants et comprennent, le premier 52 maisons et le second 63 maisons ; 30 autres sont éparses dans les environs.

Le quartier de Roannelle est habité surtout par des forgerons, arbalétriers, couteliers, etc.

En 1580, un nouveau terrier constate l'existence de nouvelles constructions : 54, dans le quartier Polignais ; 21, sur le chemin de Montbrison (rue Tarentaise) ; 7, rue du Mont-d'Or ; 12, rue Mi-Carême ; 14, rue des Fossés ; 17, Pré de la Foire (place du Peuple) ; 13, chemin au sud des remparts (rue Saint-Marc) ; 12, quai du Grand-Moulin ; 60, chemin de Lyon. Le quartier formé par les rues des Moines, Violette, Saint-Jacques, Neuve, Valbenoite est également construit et ne comprend pas moins de 220 maisons.

Un troisième terrier, établi vers 1700, permet de constater la construction, depuis 1580, des immeubles suivants : 55 maisons dans le quartier Polignais ; 32, chemin de Montbrison ; 5, quartier Mi-Carême au nord de l'enceinte ; 18, rue des Fossés ; 12, à l'est et au nord du mur d'enceinte ; 12, rue Saint-Marc ; 45, dans le quartier actuel de la rue Saint-François et rue du Chambon ; 11, rue Saint-Pierre ; 14, autour de l'église Notre-Dame ; 52, comprenant l'Hôpital, la Charité, les Minimes, tout le côté nord de la rue de Lyon et rue Saint-Jean.

Le plan terrier de 1767 a été dressé avec un certain soin ; il a permis de fixer la position des immeubles indiqués dans les terriers précédents et de préciser la date de la construction d'un grand nombre d'immeubles élevés depuis 1700.

En 1819, il a été dressé un plan général d'alignement, qui a permis de relever toutes les constructions élevées de 1767 à cette date. Le cadastre de 1826 complète ces indications.

C'est de 1767 à 1826 que sont créés les quartiers de la rue du Treuil et du Haut Treuil, une partie de la rue de la Préfecture actuelle, le quartier de la Croix, le haut de la rue de la République, les rues de la Loire, de la Paix et des Jardins, le quartier et la rue Sainte-Barbe, les rues de Foy et Gambetta, les rues des Creuses Saint-Roch, le quartier de la rue du Coin.

Le dernier cadastre remonte à 1865. Dans la période s'étendant de 1826 à cette dernière date se sont créés les quartiers de Montaud, du Grand-Gonnet, de la place Marengo, de la rue Saint-Paul, de la rue de la République, de Beaubrun, de la rue Villebœuf et de la rue d'Annonay.

Depuis 1865, la ville s'est encore largement développée dans toutes les directions.

La population de la ville de Saint-Etienne, enceinte, faubourgs et banlieue, a suivi la progression ci-après :

En 1450	environ	9000 âmes ;
1500	—	12000 âmes ;
1580	—	19000 âmes ;
1670	—	25000 âmes ;
1700	—	22400 âmes ;
1750	—	24000 âmes ;
1767	—	25275 âmes ;
1790	—	29853 âmes ;
1792	—	27209 âmes ;
1801	—	16259 âmes ;
1814	—	30000 âmes ;
1820	—	19102 âmes ;
1826	—	37031 âmes ;
1865	—	96620 âmes ;
1881	—	123880 âmes ;
1896	—	135784 âmes.

Enfin le dernier recensement accuse 146700 habitants.

Les communes suburbaines ayant été annexées à la ville en 1855, la population s'est élevée brusquement à ce moment de 78189 à 94432 âmes.

La surface totale de la ville est de 3317 hectares; elle est divisée en quatre cantons :

Canton nord-est,	950 hectares,	population en 1896,		35143	habitants;
— sud-est,	1006	—	—	38105	—
— sud-ouest,	820	—	—	29881	—
— nord-ouest,	541	—	—	25649	—
Divers.				7006	—
Population totale.				135784	—

Le nombre des maisons est de 7528, dont 51 inhabitées.

2° *Plan de la ville de Saint-Étienne, indiquant les réseaux des égouts et des conduites de distribution d'eau.*

Le développement total des égouts existants est de 44115 mètres; le réseau des égouts projetés est de 6750 mètres. Les cours d'eau traversant la ville présentent une longueur de 5600 mètres de parties couvertes. Dix-huit prises d'eau sont projetées dans les cours d'eau pour le lavage des égouts.

Les égouts sont de divers types.

Ceux établis avant 1789 ont une section de $0^m,50$ sur $0^m,40$ et sont recouverts de dalles, leur hauteur est insuffisante.

Les égouts construits vers 1800, dans les rues projetées avant leur ouverture, sont voûtés; ils ont une hauteur de $1^m,50$ et une largeur de $0^m,66$; le radier est à $3^m,25$ au-dessous du sol, ce qui est insuffisant pour drainer les caves en temps d'orage.

Les égouts construits en 1848 sont du même type.

Ceux établis à partir de 1850 ont $1^m,80$ de hauteur, avec une largeur de $0^m,80$ à la naissance des voûtes et de $0^m,50$ au radier.

En 1885, on adopta des sections plus grandes pour les égouts appelés à devenir des collecteurs.

A partir de 1890, le type généralement adopté présente des pieds-droits courbes, avec des largeurs de 1 mètre à la naissance des voûtes et de $0^m,60$ aux marchepieds.

Leur hauteur sous clef au-dessus des marchepieds est de $1^m,80$; une cuvette de $0^m,30$ de largeur et de $0^m,25$ de profondeur est ménagée entre les marchepieds.

Le lavage des égouts n'est pas régulier, il ne s'effectue qu'en temps d'orage et en temps de pluie. Le lavage des rues et des caniveaux ne donne pas un débit suffisant pour opérer le nettoiement des égouts en temps ordinaire.

Les petits cours d'eau qui traversent la ville généralement à couvert permettront d'effectuer un lavage des égouts efficace en tout temps, moyennant l'installation de prises d'eau à construire.

Le réseau des conduites de distribution d'eau présente un développement total de 146000 mètres. Le diamètre des conduites varie de $0^m,054$ à $0^m,50$.

Ce réseau ne date que de 1866; l'ancienne distribution, qui remonte à 1837, ne comportait que quelques rares conduites.

L'origine unique du réseau était primitivement au réservoir du Rey (altitude, 618 mètres) ; mais, depuis quelques années, on a dû établir des prises sur le canal d'amenée

des eaux aux deuxième et quatrième chutes, pour alimenter les hauteurs de la Croix de l'Orme, de la Béraudière, de Montaud et du quartier Gaillard.

Au centre de la ville (Hôtel de Ville), la charge est de 101 mètres, en négligeant es pertes de charge.

Le réseau des conduites a été établi dans le système ramifié, mais, en raison des nconvénients des culs-de-sac, on le transforme peu à peu en réseau maillé.

Les communes limitrophes de Saint-Priest, Villars, Saint-Jean-Bonnefonds, Terrenoire, Saint-Genest-Lerpt et la Talaudière sont aujourd'hui desservies par des prolongements des conduites maîtresses.

La consommation normale, pour la ville et les communes voisines, est en moyenne de 30 000 mètres cubes par jour.

Les deux barrages établis sur le Furens et les captages de sources faits dans la vallée sont loin d'être suffisants pour assurer toujours une alimentation convenable; des pénuries ont été subies, qui ont imposé des rationnements très gênants pour l'industrie.

Des études très complètes ont été faites en vue de perfectionner l'alimentation en eau de la ville de Saint-Etienne.

III. — M. le Maire de la ville de Tours.

Plans comparatifs de la ville de Tours en 1800 *et en* 1900.

Les pl ns exposés permettent de se rendre un compte exact des développements pris par la ville de Tours au cours du siècle dernier ainsi que de toutes les améliorations qui ont été réalisées dans cette ville, en ce qui concerne l'alimentation en eau, la salubrité et l'éclairage.

Le tableau suivant fait ressortir l'importance des progrès réalisés.

INDICATION DES OBJETS COMPARÉS	CHIFFRES CORRESPONDANT A L'ANNÉE 1800	CHIFFRES CORRESPONDANT A L'ANNÉE 1900
Population	20 496 hab.	63 267 hab.
Superficie totale de la ville, non compris le lit de la Loire qui a 108 hectares	226 hectares	1 020 hectares
Longueur totale des voies publiques	37 kilomètres	104 kilomètres
Superficie des rues, places et promenades	44 hectares	116 hectares
Longueur des égouts et aqueducs souterrains	»	27 000 mètres
Longueur des canalisations d'eau de source	3 200 mètres	1 800 mètres
Nombre de fontaines publiques (eau de source)	6	4
Longueur des canalisations d'eau de rivière (Cher)	»	86 500 mètres
Nombre de fontaines publiques (eau de rivière)	»	182
Nombre de bouches d'arrosage et d'incendie	»	685
Volume d'eau de rivière distribué quotidiennement	»	14 500^{mc}
Nombre de réverbères à l'huile	85	10 (ponts suspendus)
Nombre de lanternes à gaz	»	1 507
Volume des immondices enlevées quotidiennement	inconnu	70 $^{mc.}$
Budget annuel des dépenses	154 000 francs	2 300 000 francs

IV. — M. le Maire de Raon-l'Étape.

Plans comparatifs de la ville de Raon-l'Etape en 1800 *et* 1900.

Les plans exposés fournissent des renseignements très complets sur les progrès réalisés au cours du siècle dernier, par la ville de Raon-l'Etape, au point de vue des travaux de voirie, de l'alimentation en eau et de l'assainissement.

Ces renseignements sont donnés dans le tableau suivant :

DÉSIGNATION DES TRAVAUX	IMPORTANCE DES OUVRAGES EXISTANTS		DÉPENSES D'ÉTABLISSEMENT DES OUVRAGES		
	en 1800	en 1900	Par nature d'ouvrage	Totale par section	Totale pour l'ensemble des sections
			Francs.	Francs.	Francs.
PREMIÈRE SECTION **Voies de communication.**					
Trottoirs	»	$7^{Km},200$	204000	773565	1193286
Chaussées pavées	»	29000^{mc}	106000		
Chaussées empierrées	»	63000	179100		
Chemins vicinaux	»	$6^{Km},150$	26250		
Chemins ruraux entretenus	»	14,800	29600		
Acquisition de terrains pour l'élargissement des rues.	»	»	228615		
DEUXIÈME SECTION **Alimentation en eau.**					
Nombre des fontaines publiques	8	41		272017	
Nombre des concessions particulières.	»	137			
Longueur totale des conduites	$2^{Km},110$	$22^{Km},300$			
Débit des sources	inconnu	1087 litres par minute			
TROISIÈME SECTION **Assainissement.**					
Longueur des égouts	»	$4^{Km},400$	147704	147704	

Les plans exposés ont été dressés par M. Mathieu, secrétaire de la mairie, qui dirige les travaux de la ville depuis quinze ans.

Les travaux exécutés ont eu pour résultat de faire de Raon-l'Etape une ville saine, coquette, et pourvue d'eau de source en abondance.

Ces travaux sont très importants, si l'on considère que la commune de Raon-l'Etape ne compte que 4450 habitants; ils font le plus grand honneur aux municipalités qui se sont succédé dans cette ville et particulièrement à M. le Maire Adam, sous l'administration duquel les projets les plus importants, concernant l'adduction des eaux de sources, furent élaborés et exécutés.

V. — Service ordinaire du département des Hautes-Pyrénées.

Travaux de captage des sources de Juncalas pour l'alimentation de la ville de Lourdes.

(Dessins.)

Les sources de Juncalas sortent de fissures de rocher à flanc de coteau, non loin du ruisseau de Loucy. La ville de Lourdes a fait l'acquisition de ces sources pour assurer son alimentation en eau potable. Les sources captées, d'un débit variant de 20 à 45 litres par seconde, et distantes de la ville de Lourdes d'environ 9 kilomètres, ont été amenées dans un réservoir situé au Fort de Lourdes au moyen de tuyaux de conduite de $0^{m},25$ de diamètre intérieur.

Les travaux de captage comprennent un aqueduc voûté de $80^{m},85$ de longueur, ayant $0^{m},80$ de largeur et $2^{m},15$ de hauteur sous clef, avec radier en béton de ciment de $0^{m},30$ d'épaisseur. Les pieds-droits sont en maçonnerie ordinaire avec mortier de ciment, sauf du côté des sources, où, sur une hauteur de $0^{m},50$, les pieds-droits sont en pierres sèches pour permettre le passage de nombreux suintements répartis sur la longueur de la galerie. Les murs ont une épaisseur de $0^{m},60$ du côté des sources et de $0^{m},50$ du côté opposé.

La voûte, de $0^{m},20$ d'épaisseur, est en béton de ciment. Du côté des sources, les vides ménagés entre le rocher et les pieds-droits sont garnis de pierres sèches.

Les sources proprement dites sont amenées dans l'aqueduc de captage au moyen de drains spéciaux. Les eaux recueillies dans l'aqueduc sont déversées dans une cuve, où sont installés les tuyaux de départ, de trop-plein et de décharge, ainsi que la robinetterie. Cette cuve est recouverte d'une voûte en béton de ciment qui supporte une chambre de manœuvre installée au-dessus des robinets.

Pour éviter les infiltrations de l'eau tombant à la surface du sol, un dallage en ciment, de $0^{m},10$ d'épaisseur, est installé sur toute la largeur correspondant à l'aqueduc et à la pierre sèche placée derrière. Ce dallage est lui-même recouvert d'une couche de terre d'un mètre d'épaisseur environ sur l'axe de l'aqueduc.

L'exécution des travaux de captage a donné lieu à une dépense totale de $19662^{fr},46$ se décomposant comme il suit :

Terrassements.	$4961^{fr},35$
Maçonneries de diverses espèces.	$10207^{fr},23$
Dallage en ciment	$3365^{fr},58$
Enduits en ciment	$995^{fr},92$
Fermeture de la galerie et appareil de jaugeage. .	$132^{fr},38$
Dépense totale pour les travaux.	$19662^{fr},46$

A ce total, il faut ajouter une somme de $23845^{fr},20$ représentant le montant de l'expropriation des terrains et des sources.

VII

INDUSTRIELS ET GROUPES INDUSTRIELS

Généralités.

Dans le but de rendre aussi complète que possible l'exposition rétrospective de la Classe 29, le Comité d'admission de cette Classe a adressé une circulaire aux industriels, aux groupes industriels et aux entrepreneurs de travaux publics les plus connus pour les engager à exposer des modèles, plans et dessins des ouvrages se rapportant aux travaux publics qu'ils auraient pu construire.

Le nombre des circulaires envoyées a été de cent dix et cinq demandes d'admission seulement ont été adressées au Comité.

OBJETS EXPOSÉS :

Les exposants, en ce qui concerne les industriels ou groupes industriels sont les suivants :

Compagnie Parisienne d'éclairage et de chauffage par le gaz.
(M. Godot, ingénieur en chef des ponts et chaussées, directeur.)

MM. Daydé et Pillé, à Paris, 29, *rue de Châteaudun.*
Ateliers de construction de Creil (Oise).

Société des ponts et travaux en fer, à Paris, 98, *rue Taitbout.*
(M. Marsaux, administrateur délégué.)

M. Villetel (Jean).
Entrepreneur de travaux publics, à Carcassonne (Aude), 3, rue Barbès.

MM. Hachette fils et Driout.
Constructeurs, à Saint-Dizier (Haute-Marne).

I. — Compagnie Parisienne d'éclairage et de chauffage par le gaz.

(Tableau renfermant de nombreux dessins et des graphiques.)

L'éclairage au gaz à Paris, de 1820 *à* 1855.

L'application industrielle de la fabrication du gaz n'a guère commencé à Paris qu'en 1820.

A partir de cette époque, l'éclairage au gaz a pris successivement les développements indiqués ci-après :

De 1820 à 1822, les compagnies d'éclairage sont constituées pour une durée de 99 ans ; l'une d'elles par une ordonnance royale.

De 1821 à 1825, les compagnies posent leurs tuyaux sous les voies publiques en vertu d'actes administratifs, qui portent que les tuyaux de plus d'une entreprise ne pourront courir ensemble dans une même rue.

De 1820 à 1830, les compagnies ne recueillent absolument aucun produit et perdent même une partie importante de leur capital.

En 1835, Paris est divisé en six périmètres attribués aux six compagnies existantes.

De 1830 à 1844, l'industrie de l'éclairage au gaz se développe, elle réalise des bénéfices et les actions obtiennent un cours de négociations.

En 1844, le Préfet de la Seine prend un arrêté qui frappe les conduites d'une redevance de 200000 francs par an.

En 1845, l'administration déclare que les compagnies n'occupent les voies publiques qu'à titre de tolérance, et qu'elles peuvent toujours être forcées à enlever leurs tuyaux.

En 1846, intervient un traité, entre la ville de Paris et les compagnies, réglant le prix du gaz, pour l'éclairage municipal, au prix de fabrication, sans intérêt de capitaux, et, pour les particuliers, à 33 °/₀ de réduction sur les tarifs en vigueur.

Le traité, d'une durée de 28 ans, stipule que les compagnies seront tenues de compléter la canalisation de Paris, dont la dépense est estimée à dix millions de francs, et qu'après l'expiration de la concession la ville de Paris deviendra propriétaire, de plein droit, de toute la canalisation, sous une réduction de 80 °/₀ sur les prix de premier établissement.

Constitution de la Compagnie Parisienne d'éclairage et de chauffage par le gaz.

La Compagnie est formée, en 1855, par la réunion des usines qui alimentaient alors l'éclairage de Paris.

Les anciennes usines, datant de l'origine et dont plusieurs étaient situées dans l'ancienne enceinte de Paris, ont été presque toutes supprimées et remplacées par de grandes usines créées de toutes pièces.

Les anciennes usines démolies sont celles de la Tour, Trudaine, des Batignolles, Poissonnière, de Belleville, des Ternes et de Saint-Denis.

Les usines conservées, agrandies et munies d'appareils de types nouveaux, sont celles de Vaugirard, Ivry, Passy et Saint-Mandé.

La Compagnie possède actuellement neuf usines.

Les plus importantes sont celles de Clichy, de la Villette et du Landy.

La production du gaz, qui n'était en 1856 que de 43 millions de mètres cubes, a atteint, en 1899, 325 millions de mètres cubes.

La proportion des résidus, non utilisés anciennement, a atteint un chiffre énorme.

La Compagnie produit 55000 tonnes de goudron et 140000 mètres cubes d'eau ammoniacale.

Traitement des résidus, goudrons et eaux ammoniacales.

Goudrons. — Les goudrons, qui étaient distillés à l'origine, dans des conditions fort défectueuses, sont traités aujourd'hui dans un vaste établissement muni d'appareils perfectionnés et relié aux chemins de fer du Nord, de l'Est et de Ceinture, ainsi qu'au canal Saint-Denis.

La Compagnie a fabriqué, à l'origine, de la nitrobenzine et de l'aniline; mais, depuis un certain nombre d'années, elle a abandonné cette fabrication de détail pour consacrer tous ses soins à la production de matières livrées sous une forme commerciale ne laissant rien à désirer.

Elle tire du goudron du brai très apprécié pour la fabrication des briquettes; ce brai est obtenu dans des conditions de régularité spéciales, ce qui présente des difficultés assez sérieuses maintenant que l'on retire l'anthracène.

La Compagnie obtient des huiles lourdes, qui sont emmagasinées dans des réser-

voirs en tôle, installés sur des murs et placés au-dessus de cuvettes étanches. Ces huiles sont livrées aux Compagnies de chemins de fer et transportées dans des citernes en tôle, installées sur des wagons ordinaires.

Le traitement des huiles légères, dans des appareils spécialement étudiés dans ce but et chauffés à la vapeur, donne le benzol et la benzine. La Compagnie emploie le premier produit, depuis peu de temps, pour l'enrichissement du gaz de certaines houilles.

La fabrication de l'anthracène, matière première très importante (alizarine, etc.), a été installée dans les ateliers, après de nombreux essais exécutés en 1869 et 1870.

Pour la Compagnie, il n'y a plus actuellement de résidus du traitement des goudrons. Le résidu du traitement des huiles légères, le seul produit non utilisé il y a quelques années, est aujourd'hui transformé en sulfate ammoniacal, en le saturant dans des appareils spéciaux, évitant toute odeur; on obtient de plus la pyridine, essence utilisée à l'étranger pour la dénaturation de l'alcool.

Eaux ammoniacales. — Le traitement des eaux ammoniacales a donné lieu également à de grands perfectionnements.

En vue d'économiser les frais de transport de ces eaux, dont la masse est triple de celle du goudron, on a installé, dès qu'on l'a pu, dans les usines, des ateliers de traitement.

Lors de la création de la Compagnie Parisienne, on avait déjà abandonné le procédé barbare consistant à évaporer les eaux ammoniacales saturées directement par un acide. Les appareils déjà très perfectionnés de M. Mallet étaient installés à Ivry et à Vaugirard, on les monta ensuite à la Villette; mais leur puissance était limitée et la Compagnie fut conduite à faire usage de deux types spéciaux, le type Solvay horizontal et le type à colonne, qui ont été perfectionnés par les ingénieurs de la Compagnie.

Le produit le plus important retiré des eaux ammoniacales est le sulfate d'ammoniaque, employé surtout en agriculture.

La Compagnie fournit aujourd'hui le sulfate en poudre fine, dans des sacs plombés contenant 100 kilogrammes.

La quantité livrée s'élève à 10000 tonnes par an.

La Compagnie fabrique l'alcali, qu'elle obtient par certains tours de main, absolument blanc et pur, du premier jet.

L'alcali est livré en touries et en fûts en fer, aux teinturiers, fabricants de glace artificielle, pharmaciens, etc. La quantité livrée s'élève à 1500 tonnes par an.

La Compagnie s'est occupée, à l'origine, de l'extraction des cyanogènes du gaz; elle a successivement perfectionné ses procédés, et aujourd'hui, tout en épurant complètement le gaz de son soufre, elle a pu retenir la totalité du cyanogène produit par la distillation de la houille et obtenir des matières à bleu très riches.

Ces matières sont livrées à un fabricant expérimenté qui les transforme en prussiate de potasse commercial, lequel est transformé en cyanure de potassium.

La Compagnie retire actuellement près de 1000 tonnes par an de cette matière.

Résidus solides, coke, graphite, cendres.

La Compagnie livre le coke après concassage; elle prépare également des briquettes de poussier de coke aggloméré à l'aide de brai.

Elle tire parti du graphite retiré des cornues après leur extinction; cette matière

est livrée pour diverses applications industrielles, notamment pour les appareils électriques (crayons, piles, etc.).

Les cendres (mâchefers) sont utilisées pour la confection de carreaux de dallage très durs fabriqués à la briquetterie de la Compagnie.

Installations actuelles de la Compagnie.

La Compagnie possède aujourd'hui :

1° Neuf usines à gaz, auxquelles sont annexés des chantiers où se font le classement et l'emmagasinage du coke;

2° Une usine spéciale pour le traitement des goudrons;

3° Cinq usines affectées à la fabrication des produits ammoniacaux;

4° Un atelier de chaudronnerie destiné à la construction des gazomètres, des chaudières à distiller le goudron et de l'outillage des diverses usines;

5° Un atelier de charronnage pour la construction des voitures servant au transport du charbon et du coke;

6° Un atelier de travaux mécaniques, chargé de la construction des moteurs à gaz, des appareils de chauffage et de cuisine, ainsi que de l'entretien des appareils mécaniques des usines;

7° Un atelier de charpentiers, de plombiers et de menuisiers, pour la pose des canalisations souterraines et l'installation des conduites montantes chez les abonnés.

La Compagnie a dépensé, du 1er janvier 1856 au 1er janvier 1900, un capital de 324 700 000 francs.

Ses établissements occupent une surface dépassant 120 hectares.

Ils contiennent 195 machines à vapeur, ayant ensemble une puissance de 2 500 chevaux.

Nombre d'ouvriers employés, salaires.

La Compagnie occupe, en moyenne, 5 300 ouvriers par jour, dont le salaire minimum est de 5 francs. Les chauffeurs des fours, payés à la tâche, ont gagné en moyenne 10fr,58 par jour en 1899.

Indépendamment de leur salaire, tous les ouvriers des usines reçoivent une part des bénéfices (2 °/₀ du bénéfice de l'exercice précédent), qui représentait en 1899, 0fr,30 par jour, et un don gratuit de 3 hectolitres de coke par mois en moyenne.

Il existe une caisse de prévoyance alimentée par un versement des ouvriers égal à 1 p. 100 de leurs salaires et par une subvention de la Compagnie qui a atteint 340 000 francs en 1899.

Cette caisse assure au personnel, en cas de maladie, le paiement des soins médicaux et pharmaceutiques et l'allocation de la moitié de son salaire pendant les deux premiers mois de la maladie. En cas de mort, les frais funéraires sont payés par la Compagnie, et la veuve (ou à son défaut les enfants mineurs) reçoit une indemnité égale à deux mois de salaire de l'ouvrier décédé.

Une caisse de retraites, à laquelle le personnel ne fait aucun versement, permet d'accorder aux ouvriers, ayant au moins cinquante-cinq ans d'âge et vingt-cinq ans de services, une pension de retraite fixée à 600 francs après vingt-cinq ans de services, à 700 francs après trente ans, et à 800 francs après trente-cinq ans.

Une autre caisse de retraites est destinée à assurer, sans aucun versement de leur part, aux employés remplissant les mêmes conditions d'âge et de services, une pension de retraite égale à la moitié de leur traitement.

Importance de la fabrication du gaz ; perfectionnements apportés à cette fabrication.

La Compagnie, qui distillait, en 1856, 200 800 tonnes de charbon, en a distillé, en 1899, 1 056 600 tonnes, c'est-à-dire cinq fois plus; mais depuis dix ans l'augmentation a été seulement de 5 p. 100.

Le matériel de fabrication comprend 888 fours contenant 6 700 cornues.

Il n'existait que 2 600 cornues en 1858.

Les cornues, qui étaient en fonte il y a cinquante ans, ont été remplacées, en 1856, par des cornues en terre, que l'on peut éteindre et rallumer sans danger.

On a diminué progressivement leur épaisseur, pour faciliter la transmission de la chaleur et l'on a été conduit à leur donner une forme ondulée pour qu'elles soient résistantes tout en étant minces.

Le nombre des cornues chauffées par un même foyer a varié, depuis 1856, de 5 à 18.

La Compagnie a essayé l'emploi de fours Siemens dès 1862, et cet essai a donné des résultats assez satisfaisants pour que l'on en ait étendu l'application dans les usines nouvelles. Aujourd'hui, on compte 3348 cornues chauffées par des fours à gazogène et à récupérateur.

La Compagnie est la seule, tant en France qu'à l'étranger, qui ait réussi à appliquer les fours Siemens à la fabrication du gaz.

La Compagnie a adopté, pour refroidir le gaz, deux appareils successifs :

1° Des collecteurs de gros diamètre en tôle;

2° Des jeux d'orgues de faible diamètre en fonte.

Le gaz sortant des cornues passe dans un barillet placé à une certaine hauteur au-dessus du massif des fours et, de là, il entre dans les collecteurs, en emportant la moitié du goudron produit; on laisse circuler le gaz dans les collecteurs avec une faible vitesse pour que le goudron puisse dissoudre la naphtaline; on maintient le gaz à une température voisine de 60 degrés, pour que le goudron ne puisse pas dissoudre la benzine qui joue un rôle prépondérant dans le pouvoir éclairant.

Dans le même but, le goudron condensé est séparé du gaz avant son entrée dans les jeux d'orgues.

La Compagnie a adopté partout, sauf dans une usine, trois jeux d'orgues successifs arrosés extérieurement par de l'eau.

L'action des jeux d'orgues a pour résultat de ramener à une température égale à celle du sol le gaz dépouillé de sa naphtaline.

La surface des collecteurs est de 6 mètres carrés par 1 000 mètres cubes de gaz par jour; celle des jeux d'orgues est de 22 mètres carrés.

A la sortie des jeux d'orgues le gaz passe dans des extracteurs qui l'aspirent et le refoulent dans les gazomètres.

La Compagnie a adopté, depuis 1861, dans presque toutes ses usines, des extracteurs horizontaux à trois pistons.

Les traces du goudron qui restent à l'état vésiculaire dans le gaz sortant des extracteurs sont complètement arrêtées dans les condensateurs Pelouze et Audouin, dus à des ingénieurs de la Compagnie.

Pour arrêter complètement l'ammoniaque contenue dans le gaz, on a successivement employé le barbotage du gaz dans l'eau pure ou ammoniacale et son passage dans la sciure mouillée. On fait usage aujourd'hui de laveurs rotatifs, garnis d

palettes qui sont en partie immergées dans l'eau pure. Ces appareils sont actionnés, soit par des machines à vapeur, soit par des machines à gaz.

L'épuration du soufre était faite au moyen de la chaux, avant 1856, mais elle donnait lieu à un résidu d'une odeur nauséabonde. On a substitué partout à la chaux, depuis 1856, l'oxyde de fer produit par l'action de la chaux sur le sulfate de fer. Cet oxyde, mêlé à de la sciure, constitue une matière épurante qui a la propriété de se revivifier à l'air.

La surface des cuves d'épuration est de 4 mètres carrés par 1 000 mètres cubes de gaz fabriqué par jour.

Le gaz épuré passe par des compteurs de fabrication qui peuvent mesurer 30 000 à 40 000 mètres cubes par jour; il en existe 59 dans les usines de la Compagnie.

Les gazomètres destinés à emmagasiner, pendant le jour, le gaz qui doit être consommé le soir, ont des capacités variant de 7 000 à 33 000 mètres cubes.

La Compagnie en possède 59 qui représentent un volume total dépassant 1 million de mètres cubes.

Documents exposés par la Compagnie.

La Compagnie Parisienne d'éclairage et de chauffage par le gaz a exposé un grand cadre, à treize compartiments, renfermant des documents de nature à faire ressortir, d'une manière très nette, les progrès de toute espèce réalisés dans la fabrication du gaz, depuis la fondation de la Compagnie, en 1856, jusqu'en 1900.

Ce cadre renferme d'abord sept tableaux graphiques, très clairement dressés, dont les constatations sont résumées dans le tableau suivant :

INDICATION DES ANNÉES	CUBE DU GAZ LIVRÉ ANNUELLEMENT — le jour	la nuit	Cube total	Nombre des abonnés au gaz	Longueur de la canalisation	Nombre de lanternes de l'éclairage public
	Millions de mètres cubes					
	Millions.	Millions.	Millions.		Kilomètres.	
Année 1856	»	44	44	»	»	14 000
— 1857	»	»	»	34 084	611	
— 1860	9	64	73	47 628	800	17 158
— 1865	13	103	116	67 182	1 149	29 838
— 1870	20	94	114	86 900	1 505	36 377
— 1875	33	143	176	111 221	1 875	39 407
— 1880	61	183	244	148 514	1 864	49 154
— 1885	72	214	286	189 654	2 101	62 693
— 1890	81	227	308	233 010	2 229	72 172
— 1895	94	217	311	319 153	2 379	89 943
— 1899	109	216	325	425 276	2 465	93 336

La Compagnie a exposé, en outre, deux groupes de vues et un plan se rapportant à l'usine d'Ivry et faisant ressortir clairement l'importance comparative de l'ancienne usine fondée en 1836 et de l'usine nouvelle en 1900, savoir :

I. — 1[er] *groupe de dessins* (*état de l'usine en* 1836).

1° Vue de l'ancienne usine, d'après une gravure du temps ;
2° Vue des ateliers de distillation, d'après une gravure du temps;
3° Vue de l'atelier d'épuration, d'après une gravure du temps.

II. — 2e *groupe de dessins* (*état de l'usine en* 1900).

1° Vue générale de l'usine en 1900 ;
2° Vue d'ensemble des ateliers de distillation;
3° Réfrigérants, jeux d'orgues;
4° Réservoirs à goudron et à eau ammoniacale;
5° Ateliers de distillation;
6° Ateliers d'épuration;
7° Appareil condensateur Pelouze et Audouin.

III. — *Plan général de l'usine en* 1900.

Une teinte jaune indique sur le plan la surface occupée par l'ancienne usine.

La nouvelle usine occupe une surface de 2 310 mètres carrés, en nombre rond.

L'ancienne n'occupait que 231 mètres carrés, soit le dixième de la surface de la nouvelle.

La Compagnie a exposé, en outre, deux plans de Paris indiquant : le premier, les canalisations et les usines des anciennes compagnies, de 1820 à 1856, et le second les canalisations et les usines de la Compagnie Parisienne d'éclairage et de chauffage par le gaz en 1900.

Enfin, l'exposition de la Compagnie est complétée par un plan général de l'usine à gaz de Clichy, usine très considérable comprenant sept gazomètres.

II. — **MM. Daydé et Pillé.**

Ateliers de construction de Creil (*Oise*).

L'exposition de MM. Daydé et Pillé comprend :

1° Une vue d'ensemble du pont de Cubzac, sur la Dordogne;

2° Une vue d'ensemble des magasins généraux sur la Loire, à Nantes ;

3° Des dessins concernant l'établissement du barrage mobile de la Mulatière, sur la Saône, à Lyon ;

4° Des dessins représentant la ferme de tête de la galerie des machines à l'Exposition universelle de 1889.

1° *Pont de Cubzac, sur la Dordogne.*

Le pont de Cubzac, construit sur la Dordogne pour le passage du chemin de fer de Cavignac à Bordeaux, a 563 mètres de longueur entre les culées ; il est établi pour deux voies de chemin de fer et comprend huit travées. Le tablier métallique repose sur deux culées en maçonnerie et sur sept piles métalliques, de 17 mètres de hauteur, établies sur des soubassements en maçonnerie.

Le tablier se compose de deux poutres principales à treillis, de 8 mètres de hauteur, réunies, à leur partie inférieure, par des pièces de pont sur lesquelles sont assemblées des tôles striées formant platelage et, à leur partie supérieure, par des entretoises.

Les membrures inférieures et supérieures des poutres sont réunies entre elles par des treillis à grandes mailles, sans montants verticaux, formant des panneaux de $3^m,20$.

Les poutres principales ont un écartement de 8m,40 d'axe en axe.

A la partie inférieure des poutres, le contreventement horizontal est constitué par le plancher en tôle striée. Le contreventement supérieur est composé d'une série de croix de Saint-André, formant un treillis à deux mailles.

Les appareils des appuis sont fixés sur la pile centrale; ils sont mobiles sur les autres piles et les culées, afin de permettre le jeu de la dilatation.

Les piles métalliques se composent de six arbalétriers réunis par des croisillons. Elles portent à leur sommet un couronnement qui supporte les abouts du tablier et qui est formé de poutres avec âme en tôle, bordées de cornières assemblées à des semelles rivées aux arbalétriers.

Le lançage du tablier s'est effectué au moyen de galets manœuvrés par leviers sur chacune des piles; mais, à raison de la grande longueur du pont, on a divisé l'opération en deux parties, en formant deux chantiers de montage, l'un sur la rive droite, l'autre sur la rive gauche. Le même échafaudage a servi pour les deux moitiés du tablier.

Le montage s'est effectué au fur et à mesure du lançage et la jonction des deux moitiés du tablier s'est faite sur la pile centrale.

Le poids de chaque moitié du tablier était de 1 700 tonnes et sa longueur de 280 mètres.

Il convient de signaler dans l'opération du lançage les points suivants :

Application de supports de galets de lançage, à double oscillation répartissant également les charges sur deux galets placés sous les deux âmes des poutres à double paroi;

Manœuvre des leviers de lançage au moyen d'un moteur à vapeur, moteur installé sur le tablier pour les dernières travées;

Emploi de butoirs rivés sur la tête des arbalétriers des piles, afin d'éviter la chute du tablier en cours de lançage, par suite d'un déplacement latéral ou de toute autre cause.

Les projets ont été rédigés et les travaux dirigés par MM. Prompt, ingénieur en chef des ponts et chaussées, et Girard, ingénieur auxiliaire des travaux de l'Etat.

Le tablier métallique a été construit par MM. Le Brun, Daydé et Pillé.

2° *Magasins généraux sur la Loire, à Nantes.*

Les Magasins généraux de Nantes, dont les ateliers de Creil avaient l'entreprise générale, ont été établis, sur les projets de ces ateliers, pour le compte de la Société des Magasins généraux de Paris, sur un terrain situé au bord de la Loire, d'une surface de 2 200 mètres carrés.

Ils comprennent deux corps de bâtiments semblables dont les pignons font face à la Loire. Ces bâtiments comportent quatre étages, un rez-de-chaussée en terre-plein et trois planchers, en sorte que la surface totale affectée au dépôt des marchandises s'élève à 9000 mètres carrés.

En raison de la nature du sol formé de couches successives des alluvions de la Loire, vase et sable fin, reposant sur un fond de rocher, dont la pente est dirigée vers le fleuve, il a paru prudent de recourir à l'air comprimé pour établir les fondations des bâtiments. Afin de réduire la dépense, on a disposé les piliers à des distances inusitées jusqu'alors pour les entrepôts dont les planchers sont supportés par des piliers en bois ou en fonte. On a admis des écartements de 8m,165, dans le sens des

poutres, et de 8^{m},25 dans le sens des solives, dimensions considérables pour des planchers chargés de 1 200 kilogrammes par mètre superficiel. Les écartements en usage étaient de 4 mètres sur 4 mètres pour les piliers en bois et de 5 mètres sur 5 mètres pour les piliers en fonte.

Les bâtiments sont constitués par :

1° Une ossature métallique comprenant les piliers, les combles et les planchers;

2° Des massifs de maçonnerie, au nombre de 56, supportant les piliers et établis sur fondations à l'air comprimé ;

3° Des murs en élévation formant la façade des bâtiments et ne supportant aucune charge.

Les planchers sont capables de supporter une charge de 1 200 kilogrammes par mètre carré et peuvent, par suite, recevoir 11 000 tonnes de marchandises.

Les installations sont complétées par une estacade permettant l'accostage des navires et une voie ferrée reliant les bâtiments au chemin de fer.

La dépense d'établissement, non compris les acquisitions de terrain, ressort à 56 francs par mètre superficiel de plancher.

3° *Barrage de la Mulatière sur la Saône, à Lyon.*

Le barrage de la Mulatière situé sur la Saône, au confluent de cette rivière avec le Rhône, à Lyon, a été établi pour porter de 0^{m},60 à 2^{m},50 le tirant d'eau de la Saône dans la traversée de Lyon.

Il comprend un barrage mobile, avec hausses, sur la Saône, d'une longueur de 103^{m},60 entre les culées, et un déversoir de 84^{m},10 de longueur sur le Rhône, établi dans le prolongement de la digue séparative des deux cours d'eau et formant un angle droit avec le barrage.

M. Pasqueau, inspecteur général des ponts et chaussées, alors ingénieur ordinaire, a imaginé un système fort ingénieux permettant de supprimer la barre à talon, qui est employée d'ordinaire, dans les passes navigables des barrages mobiles dont la longueur n'atteint pas celle qu'il a fallu admettre pour le barrage de la Mulatière.

Outre la difficulté de manœuvre pour une barre aussi longue que celle qu'il aurait fallu installer, les chocs produits par l'abatage brusque de hausses aussi élevées que celles du barrage de la Mulatière auraient pu les disloquer.

Le système imaginé par M. Pasqueau pour permettre l'abatage et le relèvement de chaque hausse est très simple et fort ingénieux ; il consiste en une glissière à deux crans présentant, en avant de la butée qui existe dans toutes les glissières et contre laquelle s'appuie l'arc-boutant, un second heurtoir, dont la face verticale forme un angle très aigu avec l'axe du butoir et qui permet de faire échapper, par un mouvement très simple, le pied de l'arc-boutant.

Les hausses sont manœuvrées, tant pour l'abatage que pour le relèvement, par un petit treuil à vapeur des ateliers de Creil, circulant sur une passerelle supportée par des fermettes et placée en amont du barrage. Le même treuil exécute les quatre manœuvres d'abatage et de relèvement des hausses et des fermettes portant le plancher sur lequel le treuil circule.

Le relèvement de tout le barrage s'effectue en 8 heures et l'abatage en 4 heures 1/2.

Le barrage de la Mulatière a été projeté et les travaux en ont été exécutés par MM. Jacquet, ingénieur en chef, et Pasqueau, ingénieur ordinaire des ponts et chaussées.

4° *Ferme de tête à la Galerie des Machines de l'Exposition universelle de* 1889.

La Galerie des Machines de l'Exposition universelle de 1889, d'une construction si hardie, constitue certainement un des plus beaux types des vastes hangars en fer qui existent. MM. Daydé et Pillé ont tenu à faire figurer la ferme de tête de cette galerie à l'exposition rétrospective de leurs ateliers de construction, en raison de ses dimensions exceptionnelles et des particularités de sa construction.

Cette ferme, constituant une immense verrière, est certainement la plus grande qui ait été exécutée jusqu'en 1889. Nous ne croyons pas, d'ailleurs, qu'il en ait été établi de plus considérable depuis cette époque.

III. — Société des ponts et travaux en fer.

L'exposition rétrospective de la Société des ponts et travaux en fer comprend des dessins, aquarelles et photographies de différents travaux exécutés en France, aux colonies et à l'étranger, par cette Société depuis la fondation des établissements H. Joret jusqu'en 1890.

Ces objets sont groupés en trois périodes, savoir :

Premier groupe. — Période s'étendant de 1860 à 1870;

Deuxième groupe. — Période s'étendant de 1870 à 1880 ;

Troisième groupe. — Période s'étendant de 1880 à 1890.

Premier groupe. — Ouvrages exécutés de 1860 *à* 1870.

Le premier groupe renferme les photographies des ouvrages ci-après :

1° Pont en arc sur la rue de Lourcine, au passage du boulevard de Port-Royal, à Paris ;

2° Charpentes métalliques de la Galerie des Machines à l'Exposition universelle de 1867, à Paris ;

3° Viaduc de 171 mètres de longueur, en 6 travées, sur la vallée de l'Ouguègne (Gard), pour le chemin de fer des mines de Cessoux et Trébian ;

4° Pont de 80 mètres de longueur, en trois travées, sur le Vidourle, pour le chemin de fer d'Arles à Lunel ;

5° Pont en arc, de 48 mètres d'ouverture, sur l'Aisne, à Choisy-au-Bac (Oise) ;

6° Pont en arc, de 25 mètres d'ouverture, en acier Bessemer, établi à Paris, sur une coupure du quai d'Orsay, en amont du pont d'Iéna, pour l'Exposition universelle de 1867 (1) ;

7° Dôme central et galerie Victor-Emmanuel, à Milan (Italie) ;

8° Pont en arc, de 50 mètres d'ouverture, sur l'Oued-Rouina, à la traversée du chemin de fer d'Alger à Oran (Algérie) ;

9° Viaduc, de 200 mètres d'ouverture, construit sur la Saône, à Verdun, à la traversée du chemin de fer de Chalon-sur-Saône à Dôle.

---

(1) Les diverses pièces du tablier de ce pont, le premier ouvrage construit en acier, ont été utilisées pour établir à Port-de-Roches (Ille-et-Vilaine), sur la Vilaine, un pont de trois arches de 25 mètres d'ouverture et de 6 mètres de largeur.

Deuxième groupe. — Ouvrages exécutés de 1870 *à* 1880.

Le second groupe comprend :

1° Un tableau représentant le pont Sully, de trois arches, sur le grand bras de la Seine, à Paris ;

2° Un cadre renfermant les photographies des trois ouvrages suivants :

Pont de 73 mètres d'ouverture, construit sur le Mazafran, pour donner passage à la route départementale n° 5, d'Alger à Coléah (Algérie) ;

Pont de deux arches, de 72 mètres d'ouverture totale, sur la Marne, à Créteil (Seine) ;

Pont de cinq travées, d'une ouverture totale de 200 mètres, construit sur l'Oued-Sébaou, à Rebéval, à la traversée de la route départementale n° 1, d'Alger à Dellys (Algérie), avec piles et culées fondées à l'air comprimé ;

3° Un cadre renfermant les photographies des ouvrages ci-après :

Pont sur la Nive, à Ustaritz (Basses-Pyrénées), avec palées métalliques fondées sur pieux en bois et grillage en charpente ;

Charpente métallique de la gare centrale de Rome (Italie) ;

Pont tournant, de 22 mètres d'ouverture, sur la passe de la Joliette, à Marseille, avec mécanisme de manœuvre hydraulique ;

4° Un cadre renfermant les photographies des trois ouvrages suivants :

Viaduc de cinq travées, de 127 mètres de longueur totale, construit sur le lac supérieur de Mantoue, au passage du chemin de fer de Modène à Mantoue (Italie), avec appuis formés de pieux à vis en fer rond ;

Halle Marcadieu à Tarbes (Hautes-Pyrénées), de 4300 mètres carrés de surface ;

Viaduc de quatre travées, de 225 mètres d'ouverture totale, construit sur le Rhône, à Collonges (Ain), au passage du chemin de fer de Bellegarde au Bouveret (1).

Troisième groupe. — Ouvrages exécutés de 1880 *à* 1890.

Le troisième groupe comprend :

1° Une aquarelle représentant un des dômes des palais des Beaux-Arts et des Arts libéraux, à l'Exposition universelle de 1889, à Paris ;

2° Une aquarelle représentant les travaux de reconstruction du pont de 600 mètres de longueur, sur l'Ebre, à Castéjen (Espagne), au passage du chemin de fer de Pampelune à Saragosse, avec piles fondées à l'air comprimé ;

3° La photographie du viaduc en maçonnerie des Chenachas, de dix-sept arches de 12 mètres d'ouverture et d'une hauteur de 34^{m},30, construit sur le chemin de fer de Ménerville à Tizi-Ouzou (Algérie) ;

4° La photographie du viaduc en maçonnerie, de onze arches de 12 mètres d'ouverture et d'une hauteur de 32^{m},90, construit sur l'Oued-Dehous, au passage du chemin de fer de Ménerville à Tizi-Ouzou (Algérie).

---

(1) Le modèle de cet ouvrage est exposé par la Compagnie des chemins de fer Paris-Lyon à la Méditerranée. (Voir ci-dessus, page 149.)

IV. — M. Jean Villetel, entrepreneur de travaux publics.

Viaduc de Bramefond sur le chemin de fer de Saint-Denis au Buisson.
(1 dessin d'exécution, 2 aquarelles, 2 photographies et une notice.)

Le viaduc de Bramefond a une longueur totale de 321^{m},65 et une hauteur de 44^{m},14 au-dessus du fond de la vallée qu'il franchit.

La voie sur le viaduc est en pente de 0^{m},020 par mètre et en courbe de 500 mètres de rayon du côté de Souillac.

Le viaduc est formé de quatorze arches en plein cintre de 17 mètres d'ouverture; l'épaisseur des piles aux naissances est de 3^{m},50.

Il est construit pour une voie avec une largeur de 4^{m},50 entre parapets.

Dans le sens longitudinal, les piles présentent un fruit régulier de 0^{m},030 par mètre, commençant à 4^{m},545 au-dessous de la plinthe et s'étendant jusqu'à la fondation.

Dans le sens transversal, le parement des piles a été calculé suivant une courbe donnant une pression à peu près uniforme dans toutes les assises, depuis la naissance des voûtes jusqu'à la fondation. En exécution, la courbe a été remplacée par une ligne polygonale régulière de 5 mètres de côté, qui présente l'aspect d'une courbe continue. Cette courbe se raccorde tangentiellement à la verticale, à 5^{m},55 au-dessous du rail.

L'épaisseur des voûtes à la clef est de 0^{m},95; elles sont recouvertes d'une chape en mortier de 0^{m},080 d'épaisseur protégée par une couche d'asphalte de 0^{m},015 d'épaisseur.

Le couronnement est formé de plinthes, de 0^{m},50 d'épaisseur et de 1^{m},10 de largeur, reposant sur des modillons de 0^{m},30 sur 0^{m},35, espacés de 0^{m},45.

Les modillons sont triples sur les piles.

Le parapet est en pierre de taille, ajourée sur les voûtes et pleine sur les piles.

Au-dessus de chaque pile est ménagé un refuge de 2^{m},80 de largeur sur 0^{m},45 de profondeur.

L'ouvrage est entièrement construit en maçonnerie de moellons avec mortier de chaux hydraulique.

Les fondations ont présenté des difficultés dans le thalweg de la vallée. On supposait que l'on rencontrerait le rocher à 2 mètres de profondeur environ, mais l'exécution des fouilles a montré que ce rocher était formé de gros blocs laissant entre eux des vides souvent considérables. Les fouilles ayant été descendues jusqu'à 7 mètres de profondeur et révélant toujours des vides, on a établi la fondation à cette profondeur, en prenant les précautions suivantes :

Après avoir bien dégagé les vides de la terre qui remplissait certains d'entre eux, on y a fiché du mortier de ciment de Portland, avec une proportion de sable de moitié. Tous les blocs ont ensuite été reliés entre eux par des voûtes posées sur formes pleines en ciment et l'ensemble a été dressé en plate-forme servant de base à la pile.

Les fondations des piles extrêmes ont été établies, sans difficulté, sur un rocher calcaire traversé par quelques failles, mais assez régulièrement assisé.

Les fouilles des fondations ont été commencées à la fin du mois d'avril 1881 et les maçonneries ont été amenées au niveau des plinthes à la fin du mois d'octobre 1882.

Les travaux de cet ouvrage ont été exécutés par M. Villetel, en qualité d'entrepreneur.

V. — MM. Hachette fils et Driout, constructeurs.

(Photographies de divers ouvrages exécutés par les exposants.)

Les seuls ouvrages exécutés avant 1889 et pouvant figurer régulièrement au Musée rétrospectif de la Classe 29, dont les photographies ont été exposées par MM. Hachette fils et Driout, sont les suivants :

1° *Pont de Presles* (*Loire*).

Ce pont donne passage au chemin d'intérêt commun n° 119 de Chabreloche à Cordelles et à Parigny. La longueur totale de l'ouvrage est de 138 mètres et sa largeur libre est de 3m,65. Le tablier métallique se compose de trois travées solidaires, avec poutres droites de 4m,30 de hauteur hors cornières.

2° *Pont-canal de Bourg et Comin.*

Cet ouvrage, établi sur le canal de l'Oise à l'Aisne, à la traversée de la rivière de l'Aisne, présente une ouverture totale de 62 mètres. Il constitue un spécimen assez original de ce genre d'ouvrages, eu égard à son apparence de grande légèreté relative, contrastant avec l'aspect ordinairement assez massif des ponts-canaux.

3° *Palais des Arts libéraux de l'Exposition de* 1889.

Ce palais, comportant des fermes de 50 mètres, est trop connu pour qu'il paraisse nécessaire d'en donner la description.

OBSERVATIONS DU RAPPORTEUR

Les renseignements que nous avons donnés, au cours de ce rapport, sur les ouvrages dont les modèles, plans ou dessins ont figuré à l'Exposition rétrospective de la Classe 29, ont été rédigés à l'aide des notices que les exposants ont bien voulu nous adresser sur notre demande.

En ce qui concerne les renseignements généraux sur l'ensemble des travaux exécutés, au cours du siècle dernier, dans les différentes branches des travaux publics, nous avons eu recours à divers documents statistiques sur l'exactitude desquels il était permis de compter, et nous avons emprunté des renseignements particulièrement intéressants au chapitre concernant le corps des ponts et chaussées inséré par M. Guillemain, inspecteur général, ancien directeur de l'Ecole des ponts et chaussées, dans le *livre du Centenaire de l'Ecole polytechnique*, tome III. Ce travail est fait avec le plus grand soin, et constitue une véritable histoire du corps des ponts et chaussées ; il contient un résumé de tous les travaux publics exécutés en France au cours du siècle dernier, et mérite à tous égards de fixer l'attention des ingénieurs.

Paris, le 21 juillet 1901.

F. DELOCRE,

Inspecteur général des Ponts et Chaussées, en retraite,
ancien Vice-Président du Conseil général des Ponts et Chaussées.

NOTE CONCERNANT LES PLANCHES

Notre rapport était terminé et imprimé et allait être publié sans qu'il eût été possible d'y joindre aucun dessin, faute de ressources suffisantes, lorsque M. Stéphane Dervillé, directeur général adjoint de l'exploitation, chargé de la section française à l'Exposition universelle de 1900, voulut bien nous offrir de faire exécuter des gravures ou des phototypies des modèles et dessins exposés par la Compagnie des chemins de fer de Paris à Lyon et à la Méditerranée, dont il était président du conseil d'administration. M. Dervillé demanda, en outre, à ses collègues, MM. les présidents des conseils d'administration des grandes compagnies de chemins de fer, d'imiter la compagnie des chemins de fer de Paris à Lyon et à la Méditerranée et de fournir des gravures ou des phototypies des dessins exposés par elles. Cet appel a été entendu et, grâce à la bienveillante intervention de M. Dervillé, des planches renfermant des phototypies ont pu être jointes au chapitre de notre rapport concernant les chemins de fer.

D'un autre côté, nous nous sommes adressé à M. de Dartein, inspecteur général des Ponts et Chaussées, inspecteur de l'Ecole des Ponts et Chaussées, qui a bien voulu nous confier les bois de gravures concernant divers ouvrages ayant figuré dans les expositions universelles antérieures et ayant été exposés au Musée rétrospectif de la Classe 29. Nous avons pu ainsi faire tirer 27 planches renfermant 50 gravures, dont 2 se rapportent aux routes et ponts, 28 à la navigation intérieure, 19 aux ports maritimes et 1 aux chemins de fer.

Enfin, M. Sarriau, chef du service des musées rétrospectifs à l'Exposition universelle, a bien voulu faire tirer deux planches fort intéressantes représentant, la première le plan du pont de Neuilly, construit de 1768 à 1774 par l'illustre Péronnet, et le levage du cintre d'une des arches de ce pont, la seconde un aqueduc du canal de Provence projeté par M. Maurice-Michel Fauvel, architecte, et une charmante composition formant le titre de la carte du canal de Provence, ou canal d'Aix à Marseille, dédiée au Duc de Richelieu, pair et maréchal de France, commandant pour le roi dans la province du Languedoc. Les gravures originales de ces planches font partie de la collection de M. François Carnot, délégué au service spécial des musées centennaux. M. Sarriau a, en outre, fait tirer quatre beaux spécimens de jetons de présence relatifs au service des Ponts et Chaussées au dix-septième siècle.

Les gravures et phototypies se rapportant aux Routes et Ponts, à la Navigation intérieure et aux ports maritimes, représentent les ouvrages dont les dessins ont figuré au Musée rétrospectif de la Classe 29, et dont la description a été donnée au cours de notre rapport. Ces gravures et phototypies ont été intercalées dans le texte aussi près que possible de la description relative à chacune d'elles.

Il en est de même des planches concernant les chemins de fer, sauf toutefois en ce qui touche trois d'entre elles se rapportant aux ouvrages suivants :

1° *Viaduc de Busseau d'Ahun sur la Creuse.*
(Ligne de Montluçon à Limoges, Compagnie des chemins de fer d'Orléans.)

2° *Viaduc de Pompadour.*
(Ligne de Limoges à Brive, Compagnie des chemins de fer d'Orléans.)

3° *Gare de Bordeaux.*
(Compagnie des chemins de fer du Midi.)

Nous donnons ci-dessous la description ce ces ouvrages sur lesquels il n'a été donné aucun renseignement dans notre rapport.

1° *Viaduc de Busseau d'Ahun sur la Creuse.*

(Ligne de Montluçon à Limoges. — Réseau d'Orléans.

Le viaduc de Busseau d'Ahun se compose de six travées métalliques supportées par des piles métalliques, avec soubassements en maçonnerie.

Sa longueur totale entre les culées est de 286^{m},50, comprenant quatre travées centrales de 50 mètres de longueur entre les axes des piles, et deux travées de rive, l'une de 45^{m},25, l'autre de 41^{m},25 de longueur.

A la culée du côté de Montluçon est accolé un viaduc en maçonnerie de trois arches en plein cintre de 7 mètres d'ouverture, et, à la culée du côté de Limoges, un viaduc de 4 mètres d'ouverture, avec tablier métallique, donnant passage à un chemin.

La hauteur maxima du viaduc au-dessus de l'étiage de la Creuse est de 56^{m},50. La largeur libre entre les garde-corps est de 8 mètres.

La partie métallique des piles a une hauteur totale de 33^{m},85. La charpente métallique formant la pile a 2 mètres sur 6 mètres au sommet, et 3^{m},40 sur 10^{m},20 à la base.

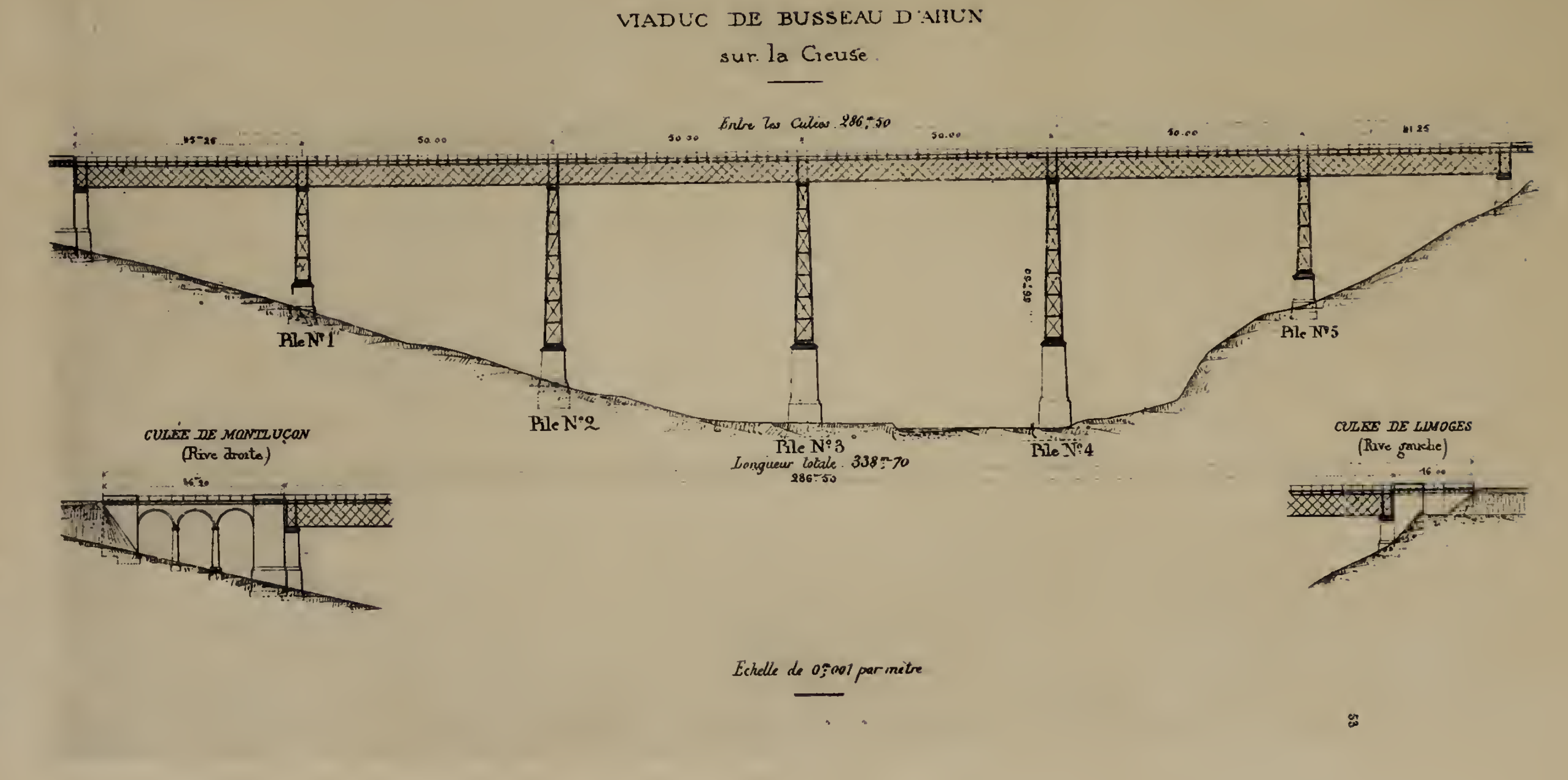
Le soubassement en maçonnerie des piles a une hauteur variable s'élevant à 17^{m},90 au maximum, au-dessus des fondations, ses dimensions sont de 4^{m},80 sur 6^{m},53 au sommet, et 12^{m},94 sur 15^{m},29 à la base. Les avant-becs ont 2^{m},89 sur 6^{m},53.

La partie métallique des piles se compose de huit arbalétriers en fonte, distribués en deux palées ; elle comprend : huit patins annulaires de 1^{m},20, assemblés par une balustrade en fonte de même hauteur ; sept étages, de 4^{m},50 de hauteur, d'arbalétriers ou colonnes creuses en fonte, reliées par des croix de Saint-André ; un couronnement et un chapiteau à charnière, ayant ensemble 1^{m},15 de hauteur et supportant le tablier. Le diamètre extérieur des colonnes est uniformément de 0^{m},35, l'épaisseur de la fonte est de 0^{m},055 pour le premier étage, de 0^{m},050 pour le deuxième et le troisième, de 0^{m},045 pour le quatrième et le cinquième, et de 0^{m},040 pour les deux derniers. Les colonnes sont espacées de 2 mètres au sommet et de 3^{m},40 à la base.

Les huit colonnes de chaque étage sont contreventées par dix croix de Saint-André, dont six réunissent les colonnes d'une même travée et quatre relient les deux palées entre elles. Ce contreventement est complété par dix entretoises horizontales, dis-

VIADUC DE BUSSEAU D'AHUN

sur la Creuse



Echelle de 0m001 par mètre

posées aux points de jonction des étages successifs, dont six parallèles à l'axe de la pile et quatre perpendiculaires à cet axe. Les croisillons sont doubles et constitués par des fers en U, de $0^m,10$ de largeur sur $0^m,011$ d'épaisseur, avec les branches de $0^m,04$ et $0^m,045$ de saillie. Les entretoises ont $0^m,25$ de hauteur et $0^m,125$ de largeur; elles sont formées de deux fers à T, assemblés en croix, de $0^m,125$ sur $0^m,125$ avec $0^m,012$ d'épaisseur. Les croisillons horizontaux, formant les diagonales des trois carrés constitués à chaque étage par les dix entretoises, sont en fers à T, dont la base a $0^m,07$ sur $0^m,012$ d'épaisseur et la nervure $0^m,06$ sur $0^m,011$.

L'amarrage des arbalétriers sur les soubassements en maçonnerie est réalisé au moyen de tiges verticales, de $0^m,06$ à $0^m,10$ de diamètre, noyées dans la maçonnerie sur $2^m,70$ à $5^m,50$ de hauteur. Retenues en bas par des plaques clavetées, les tiges traversent les patins, sur lesquels elles sont serrées par des écrous logés dans le creux des arbalétriers.

En supposant réunies les circonstances les plus défavorables de surcharge, de dilatation et d'action du vent, le maximum du travail des arbalétriers extrêmes serait de $4^{kg},75$ à la compression et de $0^{kg},92$ à l'extension, celui des croisillons en fer serait, au maximum, de $6^{kg},3$ à l'extension, et celui des entretoises de $2^{kg},3$.

La pression maxima exercée par les patins sur le couronnement des piles est de 48 kilogrammes par centimètre carré. Ces patins reposent sur deux ou trois assises en lave de Volvic, dont les pierres ont $0^m,65$ d'épaisseur et plus de $2^{mq},30$ de surface, et la pression transmise à la maçonnerie de moellons granitiques est ainsi réduite à 8 kilogrammes par centimètre carré.

Le tablier métallique est constitué au moyen de quatre poutres, de $4^m,43$ de hauteur, distantes de deux mètres d'axe en axe et formant chacune une seule pièce régnant d'une culée à l'autre.

Chaque poutre est composée de deux longerons réunis par un treillis. Les longerons sont formés d'une table horizontale, de $0^m,50$ de largeur et $0^m,042$ d'épaisseur, comprenant trois feuilles de tôle, et de deux cornières de $0^m,20$ sur $0^m,10$, avec $0^m,016$ d'épaisseur, embrassant les pièces du treillis. Le treillis est composé de fers plats résistant à la traction et de doubles fers à T résistant à la compression; ces fers ont $0^m,15$ de largeur et sont distants de $1^m,40$. Au droit des extrémités supérieures de chaque arbalétrier, les poutres sont renforcées par des armatures en fer à double T, composées de deux ou trois épaisseurs de tôle ayant $0^m,50$ de largeur, $0^m,20$ de table, et $4^m,43$ de hauteur.

Le contreventement vertical est assuré par une série de trois croix de Saint-André, distantes de 4 mètres et reliant les poutres deux à deux; elles sont en fer en U, de $0^m,10$ sur $0^m,04$ de saillie et $0^m,011$ d'épaisseur, et traversées, à mi-hauteur, par une barre en fer méplat, de $0^m,08$ sur $0^m,02$. Au droit de chaque croix est disposée une entretoise reliant les poutres et formée de fer à T, de $0^m,125$ sur $0^m,15$ avec $0^m,013$ d'épaisseur.

Le contreventement horizontal est constitué, tant à la partie supérieure qu'à la partie inférieure des poutres, par une série de croix de Saint-André régnant entre les deux poutres centrales et formant les diagonales d'une suite de carrés de 2 mètres de côté; les poutres de rive ne sont reliées à la poutre centrale la plus voisine que par des demi-croix analogues. Toutes ces croix sont constituées par des fers en U, de $0^m,10$ sur $0^m,04$ de saillie et $0^m,011$ d'épaisseur.

Les poutrelles, distantes de 2 mètres, sont placées au sommet des mailles du

treillis. Elles sont constituées par un fer à T, de $0^m,15$ de tablette et $0^m,30$ de hauteur, avec $0^m,01$ d'épaisseur, et par des cornières de $0^m,07$ sur $0^m,012$.

Chaque ferme du tablier ne porte qu'en un seul point sur le couronnement des piles, dans le but d'éviter qu'il ne se produise des répartitions de charges inégales entre les arbalétriers des deux palées lors du passage des trains. Le dispositif adopté consiste dans l'interposition, entre chaque ferme et le couronnement, d'un chapiteau à charnière qui forme point d'appui unique à égale distance des deux arbalétriers et permet au tablier de s'incliner librement, en oscillant de $0^m,013$ dans chaque sens, au droit de chaque palée, sans entraîner ses supports. Les quatre chapiteaux d'une même pile ont $0^m,62$ de hauteur et sont reliés entre eux par deux barres en fer rond de $0^m,07$ de diamètre.

Des rouleaux de dilatation sont disposés sur les petites piles et sur les culées.

La dépense totale d'établissement de l'ouvrage s'élève à la somme de 1 514 989 francs, se décomposant comme il suit :

Fondations	81 806	francs.
Élévation : piles et tablier	1 423 287	—
Dépenses diverses	9 896	—
DÉPENSE TOTALE.	1 514 989	francs.

Ce total correspond à une dépense de 4 473 francs par mètre courant et de 126 francs par mètre carré d'élévation, vides et pleins compris.

Le viaduc a été construit, de 1863 à 1865, sous la direction de M. Thirion, ingénieur en chef des ponts et chaussées, directeur du réseau central de la Compagnie d'Orléans, par MM. Nordling, ingénieur en chef, et Geoffroy, ingénieur ordinaire du même réseau.

La partie métallique a été exécutée à l'usine de MM. Cail et Cie.

2° *Viaduc de Pompadour.*

(Ligne de Limoges à Brive. — Réseau d'Orléans.)

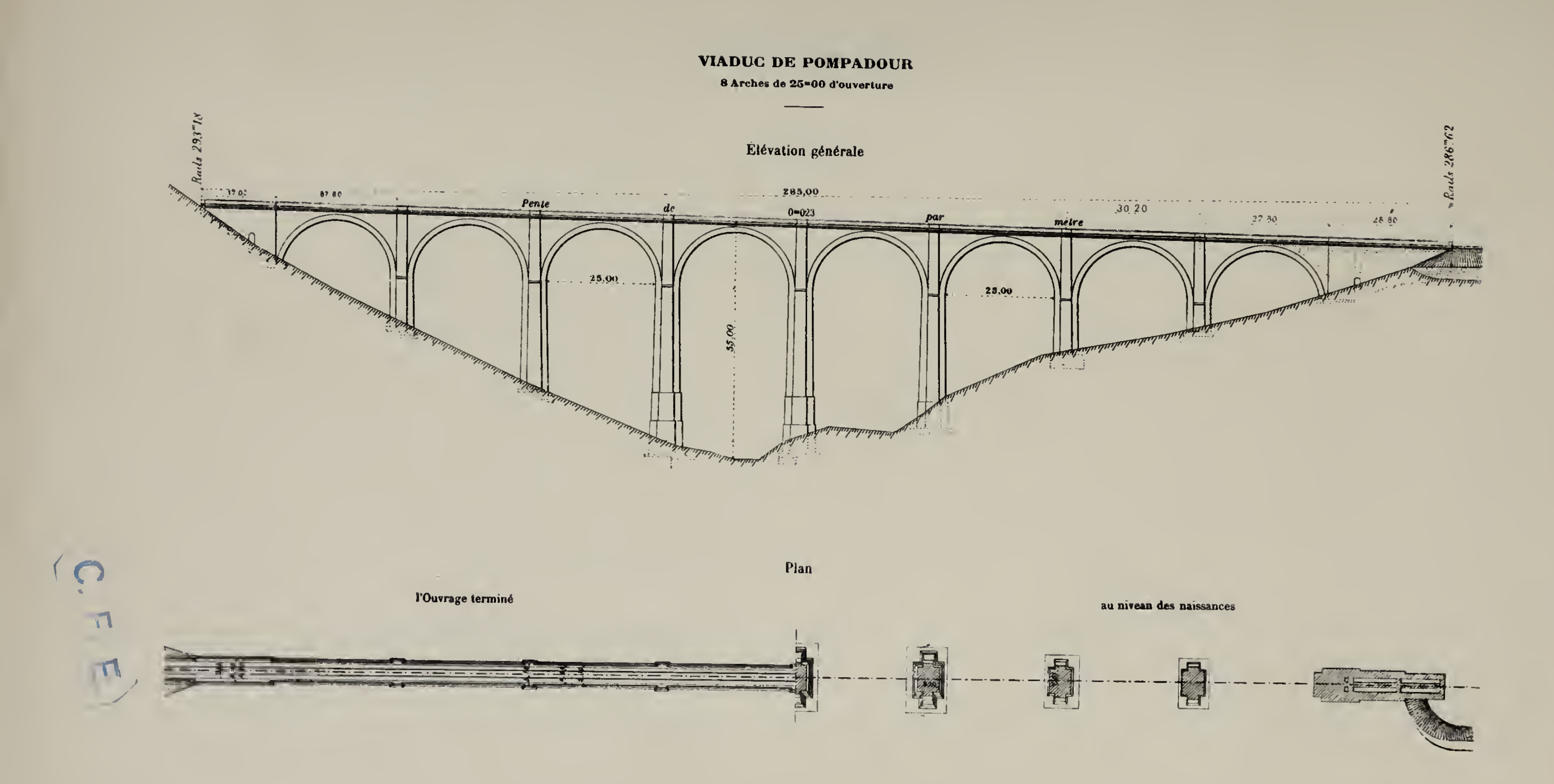
Le viaduc de Pompadour est établi sur la ligne de Limoges à Brive, entre les gares de Pompadour et de Vignols, à une distance de 7 500 mètres de la première de ces gares, sur une vallée donnant passage au torrent du Rouchat. Cet ouvrage, entièrement en maçonnerie, se compose de huit arches de 25 mètres d'ouverture, sa longueur totale est de 285 mètres et sa hauteur maxima au-dessus du fond de la vallée est de 55 mètres.

L'ouvrage est établi pour une seule voie, la largeur entre les parapets est de $4^m,55$.

Les piles les plus élevées, au nombre de trois, comprennent un fût et un soubassement. La hauteur du fût est de 25 mètres et la hauteur du soubassement de la pile la plus haute, au-dessus des fondations, est de $14^m,50$. Le soubassement comporte une saillie sur le parement du fût de $0^m,15$; une seconde saillie, de $0^m,35$, est disposée à $6^m,50$ en contrebas du sommet du soubassement qu'elle divise en deux parties.

L'épaisseur des piles est de $5^m,20$ aux naissances et de $6^m,20$ à la base du fût. L'épaisseur de la partie supérieure du soubassement est de $6^m,50$ au sommet et de $6^m,76$ à la base ; l'épaisseur de la partie inférieure est de $7^m,46$ au sommet.

Toutes les piles comportent des contreforts s'élevant jusqu'à la plate-forme de la voie ; leur largeur est de $2^m,70$ aux naissances, de $3^m,20$ à la base du fût, de $3^m,50$ au sommet du soubassement, de $3^m,63$ à la base de la partie supérieure du soubassement et de $4^m,33$ au sommet de la partie inférieure.


COMPAGNIE DU CHEMIN DE FER DE PARIS A ORLÉANS
VIADUC DE POMPADOUR
8 Arches de 25m00 d'ouverture
Élévation générale
Rails 293m18
Rails 286m62
285,00
0m023
Pente de 0m023 par mètre
30 20
27 30
25,00
35,00
25,00
Plan
l'Ouvrage terminé
au niveau des naissances
Phototypie Berthaud, Paris

La largeur des piles est de 5^{m},65 au couronnement, de 5^{m},82 aux naissances, de 7^{m},32 à la base du fût et de 8^{m},01 au sommet de la partie inférieure du soubassement.

La saillie des contreforts sur les piles est de 0^{m},30 au couronnement, de 0^{m},845 aux naissances, de 2^{m},32 à la base du fût, et de 2^{m},58 au sommet de la partie inférieure du soubassement.

Le fût des piles présente un fruit de 0^{m},02 par mètre dans le sens de l'axe du viaduc et un fruit de 0^{m},03 par mètre dans le sens perpendiculaire.

Le fruit des contreforts, dans le sens de l'axe du viaduc, est de 0^{m},01 par mètre. Il est de 0^{m},07 par mètre, dans le sens perpendiculaire à l'axe.

L'épaisseur des voûtes à la clef est de 1^{m},45.

La pente du chemin de fer étant de 0^{m},023, les naissances de deux voûtes successives se seraient trouvées, sur une même pile, à des hauteurs différentes ; on a fait disparaître le défaut d'aspect qui en serait résulté en adoptant des rayons différents pour les deux moitiés d'une même voûte.

D'autre part, pour ne pas avoir, sous la plinthe, des assises se terminant en pointe, on a incliné progressivement les joints à partir des naissances, de telle sorte que l'assise sous la plinthe a ses joints parallèles à la pente de la voie.

Le viaduc est fondé sur le micaschiste, la roche est très dure et très solide, mais elle a été profondément disloquée par un soulèvement granitique qui s'est fait jour à moins de deux kilomètres de distance ; les bancs se sont redressés presque verticalement et il a été souvent nécessaire d'employer la mine pour régulariser le rocher ou pour enlever les blocs dont la stabilité était douteuse.

Les maçonneries de fondation ont été exécutées avec des moellons granitiques ou schisteux et du mortier de chaux hydraulique de Paviers (Indre-et-Loire) et de sable provenant d'une carrière de grès friable, située à la sortie du souterrain de Vignols.

Les parements des piles les plus élevées ont été exécutés jusqu'au niveau de la seconde partie du socle avec des moellons de granit provenant d'une carrière située au-dessus du bourg de Vignols et, pour le reste des piles, avec des moellons provenant des carrières de granit des environs de Tulle.

Le moellon parementé, pour le reste du viaduc, est en grès provenant des carrières de la Peyrosie, situées au-dessous du bourg de Vignols, dans la vallée du Rouchat.

Pour la construction des parties des voûtes s'étendant à six mètres de chaque côté des clefs, on a ajouté au mortier 150 kilogrammes de ciment de Portland par mètre cube.

Les voûtes ont été exécutées en une seule fois, sur toute leur épaisseur. Le tassement des cintres pendant la construction a été de 0^{m},022 à 0^{m},041. Le tassement maximum des voûtes, au moment du décintrement, a été de 0^{m},007.

La construction du viaduc de Pompadour a donné lieu à une dépense totale de 1 200 000 francs, se décomposant comme il suit :

Fondations	50 000	francs.
Piles et culées jusqu'à la plinthe	700 000	—
Plinthes et parapets	65 000	—
Cintres	90 000	—
Abords et accessoires, recherche de carrières et construction de chemins	295 000	—
DÉPENSE TOTALE.	1 200 000	francs.

Ce total correspond à une dépense de 4210 francs par mètre courant d'ouvrage, de 146 francs par mètre superficiel en élévation, et de 901 francs par mètre superficiel en plan.

Le prix moyen du mètre cube de maçonnerie a été de 65 francs.

La ligne de Limoges à Brive a été exécutée, sous l'inspiration de M. Morandière, inspecteur général des Ponts et Chaussées, par M. Ch. Dupuy, ingénieur en chef des Ponts et Chaussées.

3° *Plans comparatifs de la gare de Bordeaux-Saint-Jean en* 1857 *et en* 1900.

La loi qui a concédé la ligne de Bordeaux à Cette porte que le chemin de fer partira du quartier sud de Bordeaux d'un point qui sera déterminé par l'administration supérieure.

La Compagnie des chemins de fer du Midi proposa de placer sa gare en plein cœur de la ville, mais les polémiques que souleva cette proposition menaçant de durer plus longtemps que les travaux de construction de sa ligne, la Compagnie dut établir une gare provisoire qu'elle plaça en impasse sur le cours Saint-Jean, l'une des artères les plus importantes de la ville.

Un décret, en date du 1er avril 1857, ayant concédé aux Compagnies d'Orléans et du Midi la ligne de jonction de leurs réseaux, les voies qui s'arrêtaient au cours Saint-Jean durent être prolongées pour gagner le viaduc traversant la Garonne; le prolongement fut d'abord réalisé, en 1860, en passant à niveau le cours Saint-Jean, et, peu après, la passage à niveau fut remplacé par deux déviations opérées, l'une par le quai de la Garonne en traversant les voies en dessous, l'autre par le viaduc du Guit établi au-dessus des voies de la gare.

Cette disposition força les voyageurs se rendant de la ville au bâtiment du départ à faire un détour qui suscita des plaintes. D'autre part, le réseau de l'État vint faire gare commune avec le réseau du Midi, et la plupart des grands trains de la Compagnie d'Orléans eurent la gare Saint-Jean comme terminus.

Dans cette situation, la gare provisoire devenait tout à fait insuffisante, et, dès que les besoins à desservir eurent été révélés par l'expérience, la compagnie présenta, en 1886, le projet d'établissement d'une gare définitive pour les voyageurs.

Les installations de la petite vitesse, du dépôt des machines et des ateliers avaient été successivement étendues.

Les planches ci-jointes représentent l'état ancien et l'état actuel de la gare de Bordeaux-Saint-Jean. La comparaison de ces deux plans est de nature à faire ressortir, d'une manière saisissante, les développements pris par l'exploitation des chemins de fer du Midi.

I. — État de la gare de Bordeaux-Saint-Jean en 1857.

La gare de Bordeaux-Saint-Jean, en 1857, comprenait les installations suivantes :

1° *Service de la grande vitesse.*

Un bâtiment de départ et un bâtiment d'arrivée en bois, ayant chacun 110 mètres de longueur sur 11 mètres de largeur, et distants entre eux de 36 mètres;

Cinq voies comprises entre ces deux bâtiments;

Un quai de chargement avec halle aux poissons;

Une remise pour 48 voitures, de 63 mètres de longueur sur 25 mètres de largeur.

COMPAGNIE DES CHEMINS DE FER DU MIDI

GARE DE BORDEAUX SAINT-JEAN



Vue de la façade de l'ancien bâtiment des voyageurs.
Longueur 108 mètres.



Echelle du plan 1/10.000

Vue de la façade principale du nouveau bâtiment
construit de 1890 à 1897. Longueur 300 mètres.

2° Service de la petite vitesse.

Trois halles de marchandises d'une longueur totale de 360 mètres et d'une largeur de 15 mètres;

Deux quais découverts d'une longueur totale de 45 mètres et d'une largeur de 13 mètres;

Un faisceau de neuf voies de marchandises ayant une longueur utile d'environ 600 mètres;

Trois voies de débord.

3° Dépôt des machines et ateliers.

Une rotonde de 30 machines;

Un atelier d'ajustage et de montage;

Un atelier de construction de wagons;

Divers ateliers secondaires de petit entretien, de peinture, etc.

II. — État de la gare de Bordeaux-Saint-Jean en 1900.

La gare de Bordeaux-Saint-Jean, en 1900, comprenait les installations suivantes :

1° Service de la grande vitesse.

1° Un bâtiment des voyageurs du type unilatéral, comprenant le départ et l'arrivée à la suite l'un de l'autre;

2° Un bâtiment des messageries placé à la suite du bâtiment des voyageurs, à l'aval, côté de Cette et de Bayonne;

3° Sept voies affectées au service des voyageurs, couvertes par une halle;

4° Trois couloirs souterrains mettant en communication les trottoirs intermédiaires avec le trottoir principal longeant le bâtiment des voyageurs.

2° Service de la petite vitesse.

1° Quatre grandes halles couvertes;

2° Deux quais découverts;

3° Un nombre considérable de voies.

3° Service de la traction.

1° Une rotonde pouvant recevoir 67 machines;

2° Des ateliers de réparation groupés autour de l'ancienne rotonde des machines;

3° D'autres ateliers et magasins au nombre de sept;

4° Des bâtiments affectés aux services centraux.

4° Gare maritime.

Gare établie sur la rive gauche de la Garonne, en amont du viaduc sur lequel passe la voie reliant la gare de Saint-Jean à la gare de la Bastide.

5° *Rétablissement des communications.*

Deux passages supérieurs, situés l'un à l'amont, l'autre à l'aval du bâtiment des voyageurs, faisant communiquer les quartiers de la ville séparés par la gare.

Nous donnons ci-après des renseignements sur les diverses installations qui viennent d'être énumérées.

I. Service de la grande vitesse.

1° *Bâtiment des voyageurs.*

Le bâtiment des voyageurs, se développant le long de la rue de la Gare, a une longueur totale de 300 mètres; il comprend deux grands corps principaux séparés par une construction intermédiaire.

Le corps principal du côté de Paris est affecté au départ; il présente 170 mètres de longueur. Il contient, dans la partie centrale, un grand vestibule affecté à la distribution des billets, au pesage et à l'enregistrement des bagages, à la consigne, de 66 mètres de longueur sur 30 mètres de largeur. A gauche, sont placées les salles d'attente des trois classes, et à droite le buffet; chacune de ces installations a 27 mètres de longueur sur 13 mètres de largeur.

Le bâtiment du départ est terminé à ses extrémités par deux pavillons monumentaux de 25 mètres de longueur sur 42 mètres de profondeur dans le sens perpendiculaire à l'axe de la gare, dont l'un est affecté à un hôtel terminus, et l'autre à des services divers.

Le corps principal du côté de Cette et de Bayonne est affecté à l'arrivée; il comprend : un vestibule de sortie, de 10 mètres de longueur sur 20 mètres de profondeur; une salle d'attente servant à l'occasion de salle de réception, de 10 mètres de longueur sur 16 mètres de profondeur; une vaste salle pour la distribution des bagages, de 74 mètres de longueur sur 16 mètres de largeur; une salle affectée à l'octroi et à divers services, de 10 mètres de longueur sur 20 mètres de profondeur.

Le bâtiment intermédiaire, de 26 mètres de longueur sur 16 mètres de largeur, est affecté aux installations communes au départ et à l'arrivée : cabinets des chefs et sous-chefs de gare, locaux occupés par les surveillants et le secrétariat du chef de gare, télégraphe, lieux d'aisances, lavabos, etc.

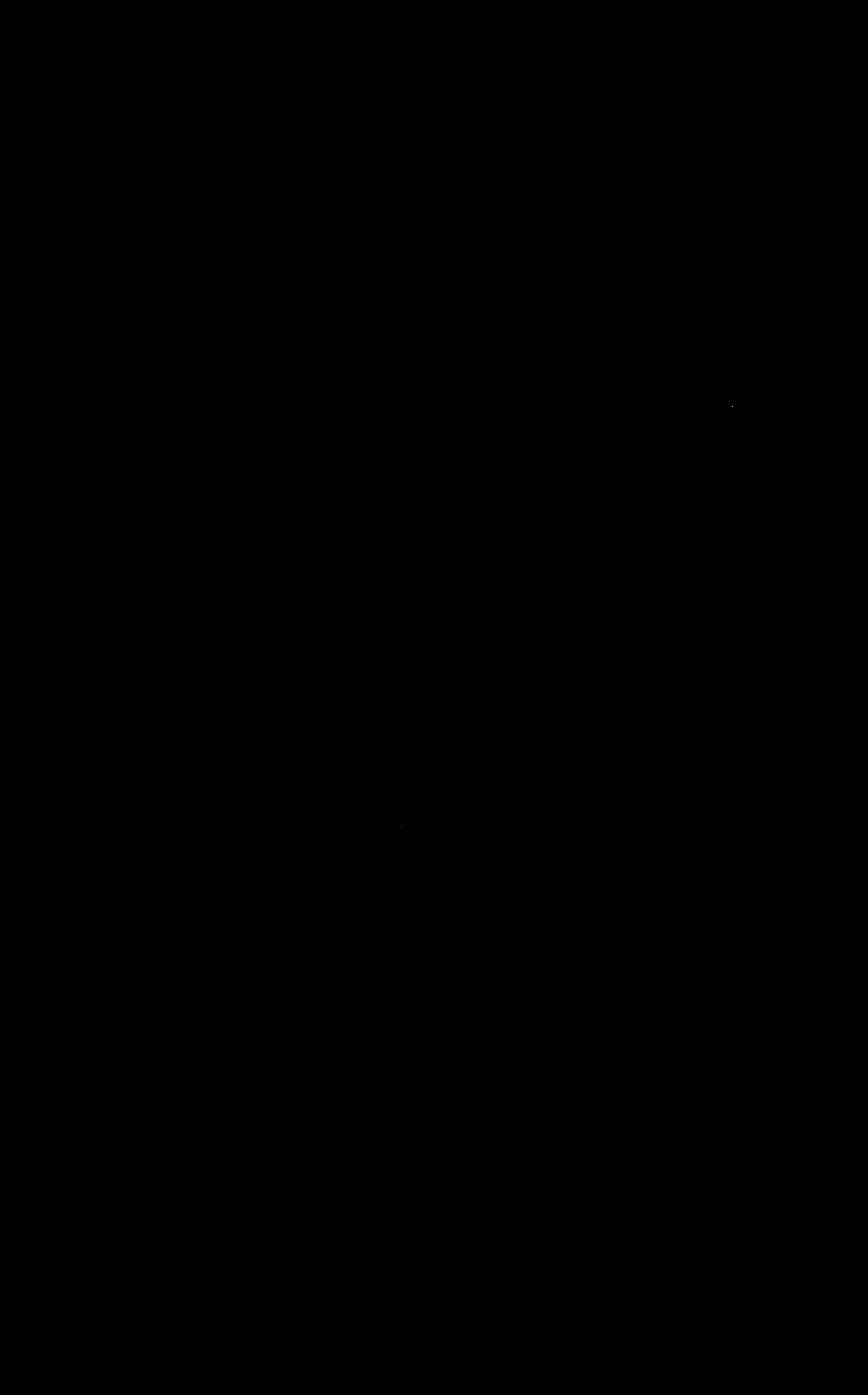
2° *Bâtiment des messageries.*

Le bâtiment des messageries est placé à la suite du bâtiment des voyageurs, du côté de Cette et de Bayonne, en retraite de 21 mètres sur la façade de ce dernier bâtiment. Il présente 72 mètres de longueur sur 20 mètres de largeur.

3° *Voies affectées au service des voyageurs; halle.*

Les voies affectées au service des voyageurs sont au nombre de sept, disposées en trois groupes de deux voies et une voie isolée, séparés par trois trottoirs.

Ces voies sont recouvertes par une halle métallique s'étendant sur toute la longueur des bâtiments, soit sur 300 mètres. La largeur de la halle est de 57^m,70 et sa hauteur au-dessus des voies, mesurée à l'aplomb du faîtage, est de 26 mètres.





Plan de la Gare de Bordeaux-Saint-Jean en 1857

La halle se compose de trente-trois fermes, espacées de 9m,20, couvrant une superficie de 17 310 mètres carrés. Les fermes sont du type ogival, à deux centres, sous-tendu par un tirant. Les retombées reposent, d'une part, sur les piliers en maçonnerie du bâtiment des voyageurs, à l'aide d'appuis à rotules, et, d'autre part, sur des piliers en fer avec lesquels elles sont invariablement liées et qui sont ancrés à leur base dans des fondations en béton. Les arbalétriers des fermes courantes ont une section en I et comportent un treillis en cornières avec montants supportant les pannes. Les tirants ont 70 millimètres de diamètre et sont formés de huit tronçons réunis par des tendeurs.

Les deux fermes de tête sont munies d'un masque vitré; elles reposent, à leurs deux extrémités, sur des piliers en maçonnerie.

Du côté opposé au bâtiment des voyageurs, l'entre-colonnement, formé par les piliers supportant les fermes, est rempli par un rideau vitré descendant jusqu'à 4 mètres au-dessus du niveau des trottoirs.

La halle est surmontée d'un lanterneau vitré, de 16 mètres de largeur, et comporte en outre, sur sa couverture, deux bandes longitudinales vitrées, de 8 mètres de largeur.

La couverture est exécutée, partie en zinc n° 14, posé à dilatation libre, partie en verre coulé. Le zinc repose sur un voligeage s'appuyant sur un lambris cloué sur des fourrures moulurées formant caissons.

Le montage de la halle, qui devait s'effectuer sans entraver le service de l'exploitation, a été exécuté au moyen d'un échafaudage roulant n'occupant sur les trottoirs qu'un espace restreint et portant, à la partie supérieure, un plancher qui recouvrait les voies et formait un vaste chantier.

La dépense totale de construction de la halle, y compris les fondations, s'élève à la somme de 974 165fr,62, ce qui fait ressortir le prix du mètre carré à 57fr,57.

4° *Couloirs souterrains mettant en communication les trottoirs intermédiaires avec le trottoir principal longeant le bâtiment des voyageurs.*

Ces couloirs, au nombre de trois, sont disposés, le premier au droit du vestibule de départ, le second en face de la salle du buffet, et le troisième en face de la partie du bâtiment des voyageurs affecté à l'arrivée.

Ils présentent une largeur de 4 mètres et une hauteur minima de 2m,20; les escaliers qui y donnent accès ont une largeur de 2m,50.

Ces couloirs ayant été établis dans un sol noyé par une nappe d'eau, il a été nécessaire de recourir à des dispositions spéciales pour les mettre à l'abri des infiltrations. Les parties des parois latérales sous voies, ainsi que le radier, sont en béton de gros sable tout venant et de ciment artificiel de Portland à prise lente; les autres parties des parois sont en béton de sable tout venant et de mortier de chaux hydraulique d'Orthez. Les parois latérales sont revêtues en carreaux d'opaline, avec soubassement et couronnement de grès vernissé. Les parois latérales des escaliers sont entièrement revêtues en grès vernissé.

Les couloirs sont recouverts par des voûtes en briques supportées par des fers à double T; ces voûtes sont remplacées sous les voies par un tablier métallique à poutres jumelées en acier, de hauteur réduite.

L'établissement des trois couloirs souterrains a donné lieu à une dépense totale de 323 000 francs.

II. Service de la petite vitesse.

1° *Grandes halles couvertes.*

Les grandes halles de marchandises sont au nombre de quatre; deux d'entre elles, placées à la suite l'une de l'autre, ont des longueurs de 140 et de 190 mètres, sur une largeur de 18 mètres ; les deux autres, également placées à la suite l'une de l'autre, ont des longueurs de 170 et de 198 mètres, sur une largeur de 12 mètres.

2° *Quai découvert.*

Le quai découvert a une longueur de 200 mètres et une largeur de 18 mètres.

3° *Quai aux bestiaux.*

Le quai aux bestiaux a une longueur de 220 mètres et une largeur moyenne de 20 mètres.

4° *Voies des marchandises.*

La gare des marchandises comprend un très grand nombre de voies.

En avant des halles de marchandises est disposé un faisceau de trente voies d'une longueur d'environ 500 mètres; vingt-cinq de ces voies sont affectées au classement des wagons, au triage et au départ dans toutes les directions, les cinq autres voies sont affectées à la réception et au départ dans toutes les directions.

Un faisceau de dix-huit voies, dit faisceau de la plaine, d'une longueur de 400 mètres environ, est disposé derrière les halles de marchandises.

En outre, diverses autres voies sont installées le long des quais couverts et découverts.

III. Service de la traction.

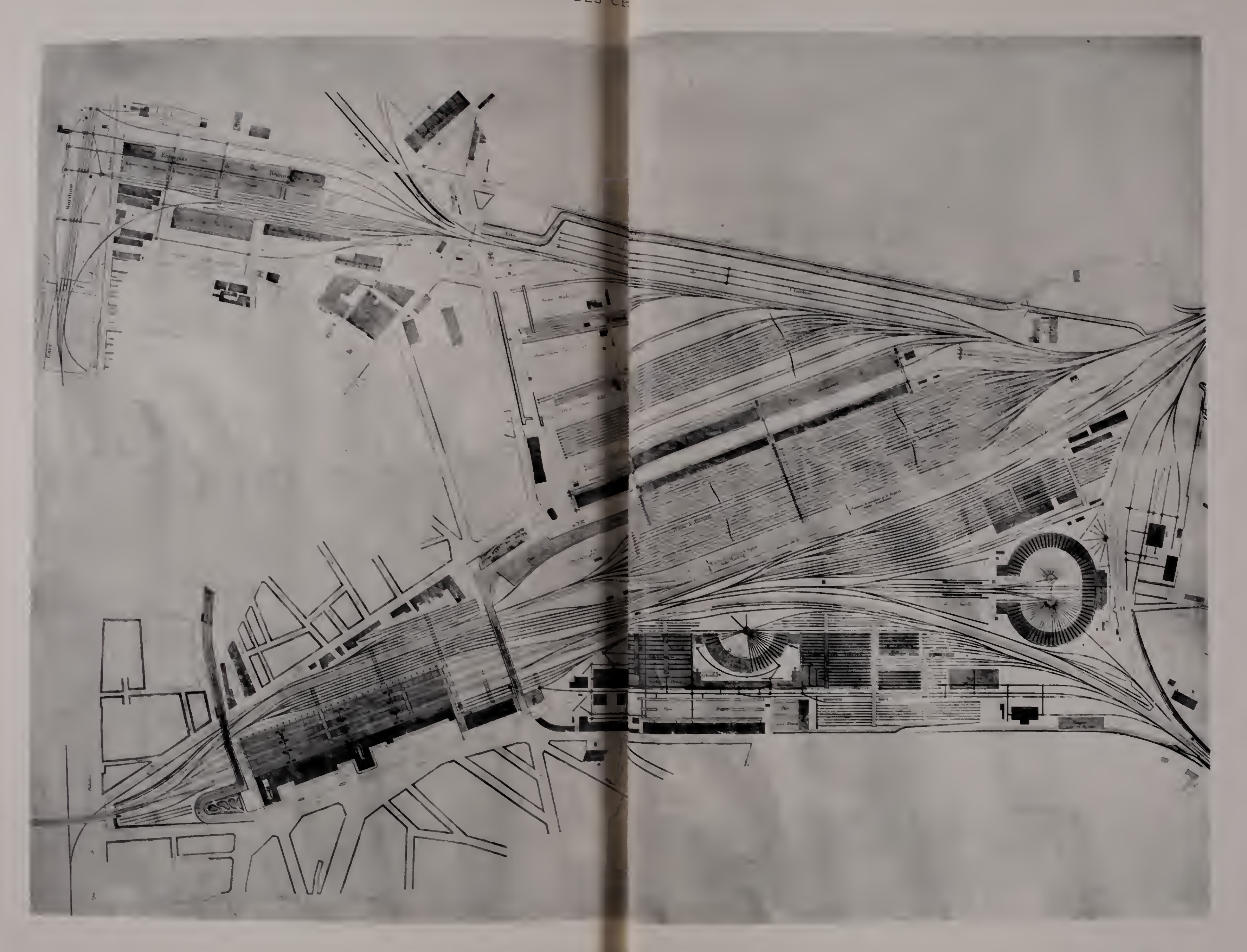
1° *Rotonde de soixante-sept machines.*

Une rotonde pouvant contenir soixante-sept machines est installée à l'extrémité de la gare du côté de Cette et de Bayonne, des ateliers et des dépôts de combustible y sont annexés.

2° *Ateliers de réparations groupés autour de l'ancienne rotonde des machines.*

Deux ateliers de réparations sont disposés de part et d'autre de l'ancienne rotonde des machines. Le premier, de 128 mètres de longueur sur 78 mètres de largeur, est affecté au montage, à la chaudronnerie et aux machines-outils ; le second, de 98 mètres de longueur sur 78 mètres de largeur, est affecté à la réparation des voitures. Ces deux ateliers sont réunis par un troisième atelier, de 147 mètres de longueur sur 12 mètres de largeur, qui est affecté aux forges et aux ressorts.

L'ancienne rotonde des machines est devenue une annexe des ateliers et abrite la machinerie de la station électrique qui fournit la force motrice aux ateliers et assure l'éclairage de toute la gare.



Plan de la Gare de Bor..x-Saint-Jean en 1900

3° *Autres ateliers et magasins, au nombre de sept.*

D'autres ateliers et des magasins, au nombre de sept, sont installés à proximité des grands ateliers qui viennent d'être décrits. Ils comprennent : un atelier de roues avec parc aux roues, un atelier de peinture et de sellerie, un magasin aux bois, un hangar pour les fagotins et une scierie mécanique.

4° *Bâtiments affectés aux services centraux et à l'économat.*

Enfin, divers bâtiments affectés aux services centraux et à l'économat sont installés à proximité des ateliers.

IV. Gare maritime.

La gare maritime, établie sur la rive gauche de la Garonne en amont du viaduc du chemin de fer, comprend un faisceau de voies de 300 mètres environ de longueur.

V. Rétablissement des communications.

La gare de Bordeaux-Saint-Jean, dont la longueur totale dépasse deux kilomètres, intercepte un certain nombre de voies de communication de la ville de Bordeaux. La Compagnie, dans le but de rétablir les communications entre les quartiers séparés par la gare, a établi deux viaducs métalliques passant au-dessus des voies; l'un, placé en tête du bâtiment des voyageurs du côté de Paris, est établi en prolongement du cours Saint-Jean; l'autre, le viaduc du Guit, est établi à l'extrémité des bâtiments de la grande vitesse, du côté de Cette et de Bayonne.

Le Rapporteur,
L. DELOCRE.



Jetons des Ponts et Chaussées (dix-septième siècle).
(*Collection H. Sarriau.*)

TABLE DES MATIÈRES

Pages.

III

NAVIGATION INTÉRIEURE

§ 1er. — FLEUVES ET RIVIÈRES NAVIGABLES

§ II. — CANAUX.

IV

PORTS MARITIMES

§ 1er. — PORTS DE COMMERCE.

V

CHEMINS DE FER

OBJETS EXPOSÉS :

VI

TRAVAUX DES VILLES

OBJETS EXPOSÉS :

ERRATA :

Page 31,	lire :	*Poncey,*	au lieu de :	*Pouilly.*
— 107,	—	*du Hode,*	—	*La Hève.*
— 145,	—	*Vingeanne,*	—	*Vigeanne.*

TABLE DES PLANCHES

Préliminaires.

V. — Chemins de fer.

SAINT-CLOUD. — IMPRIMERIE BELIN FRÈRES





